

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Jana Loudová

**VLIV SPEKTRÁLNÍHO SLOŽENÍ NA BAREVNÝ  
VZHLED VÝROBKU**

**THE IMPACT OF SPECTRAL STRUCTURE ON  
THE COLOURED APPEARANCE OF THE  
PRODUCT**

Liberec 2011

**Vedoucí práce:** Doc. Ing. Michal Vik, Ph.D.

**Konzultant:** Ing. Martina Viková

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Liberci dne 1. 4. 2011    *Jméno autorky*.....

*Vlastnoruční podpis*

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Doc. Ing. Michalu Vikovi Ph. D. a Ing. Martině Vikové za pozornost, kterou věnovali mé práci a za jejich odborné rady při vypracování této bakalářské práce.

## **Anotace**

Tato práce se zabývá problematikou používání umělých zdrojů osvětlení v podnicích s textilním zbožím. Práce je rozdělena do dvou částí.

Teoretická část popisuje základní rozdělení denního, umělého osvětlení a metamerii. Práce také zahrnuje přehled světelných zdrojů pro všeobecné osvětlení. Dále předkládá doporučení, k používání konkrétních hodnot osvětlovacích soustav, určené pro konkrétní oblasti obchodu.

V praktické části je obsažen přehled vybraných obchodů s textilním zbožím v České Republice a zobrazen popis, jaké značky světelných zdrojů jsou jimi nejvíce preferovány.

V dalším průzkumu se práce vztahuje k praktickému srovnání elektromagnetického záření u několika zdrojů zářičů. Navazující část se zaměřuje na posuzování dichromatických vzorků. Informace se zpracují k doporučení optimálního zdroje osvětlení s minimální odchylkou metamerie od denního světla vhodné k instalaci do textilních obchodů.

## **Klíčová slova**

Dichromatické vzorky; elektromagnetické záření; metamerie; spektrální složení; teplota chromatičnosti.

## **Anotace**

The Thesis concentrates on the usage of artificial light sources in various textile companies. The paper is divided into the theoretical part and the practical part. In the theoretical part, the primary division of the day light, the artificial light and metamerism is introduced. The overview of various commonly used light sources is also included. Furthermore the author of this paper emphasizes the importance of concrete values and principles of illuminating system which should be followed in various areas of particular company.

The first part of the practical part is devoted to the research which is concerned about the usage of various types of illuminating system in fourteen textile companies, situated in the Czech Republic. The research describes what brands of illuminating system are mainly preferred by the textile companies.

The following research refers to the practical comparison of various radiants of electromagnetic emission. Other part is devoted to the assessment of diachromatic samples. On the basis of gathered data the author will recommend the optimal illuminating source with minimal variation of metamerism from the daylight, intended for installment in textile companies.

### **Key words:**

Diachromatic samples, electromagnetic emission, metamerism, spectral structure, chromatic temperature

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	9
-------------------	---

## TEORETICKÁ ČÁST

<b>1. Cíl práce a metodika</b> .....	10
--------------------------------------	----

1.1 Cíl práce .....	10
---------------------	----

1.2 Metodika .....	10
--------------------	----

<b>2. Rozdělení světelného záření a denního světla</b> .....	11
--	----

2.1 Světelné záření.....	11
--------------------------	----

2.1.1 Přehled kmitočtového spektra elektromagnetického záření.....	11-12
--	-------

2.2 Člověk a denní světlo .....	12
---------------------------------	----

<b>3. Objasnění teoretického principu barvy, jako objektu</b> .....	13
---	----

3.1 Barva.....	13
----------------	----

3.2 Atlasy barev.....	13-14
-----------------------	-------

3.3 Barva objektu .....	14-15
-------------------------	-------

3.4 Barvy a umělé osvětlení.....	15
----------------------------------	----

<b>4. Faktory ovlivňující barevné podání</b> .....	16
--	----

4.1 Teplota chromatičnosti.....	16
---------------------------------	----

4.1.1 Příklady barevných teplot různých světelných zdrojů.....	17
--	----

4.1.2 Srovnání barevných rozdílů teplot v Kelvinech .....	17-18
---	-------

4.2 Metamerie.....	18-19
--------------------	-------

4.2.1 Metamerie vlivem osvětlení.....	19
---------------------------------------	----

4.2.2 Metamerie vlivem pozorovatele.....	19
--	----

4.2.3 Metamerie zorného pole.....	19
4.2.4 Geometrická metamerie.....	19
4.2.5 Metrická přesnost.....	20
4.2.5.1 Index metamerie.....	20
4.2.5.2 Metamerní odchylka.....	20
4.2.5.3 CIE Barevný prostor.....	20-21
4.3 Chromatická adaptace.....	21
4.4 CIELAB – MODEL PRO POSUZOVÁNÍ BAREVNOSTI VZHLEDU.....	21-23
4.5 CIECAM97.....	23-26
4.6 CIECAM02.....	26-31
<b>5. Světelné zdroje pro všeobecné osvětlení.....</b>	<b>32</b>
5.1 Rozdělení světelných zdrojů.....	32
5.2 Teplotní světelné zdroje.....	32
5.2.1 Klasické žárovky.....	32
5.2.2 Halogenové žárovky.....	33
5.3 Výbojové světelné zdroje.....	33
5.3.1 Lineární zářivky.....	33
5.3.2 Kompaktní zářivky .....	33-34
5.3.3 Nízkotlaké indukční výbojky .....	34-35
5.3.4 Nízkotlaké sodíkové výbojky .....	35
5.3.5 Vysokotlaké rtuťové výbojky .....	35-36
5.3.6 Nízkotlaké sodíkové výbojky .....	36
5.3.7 Halogenidové výbojky .....	36-37

5.3.8 Luminiscenční svítící diody LED .....	37-38
<b>6. Hygiena osvětlení .....</b>	<b>39</b>
6.1 Porovnání technických parametrů u vybraných světelných zdrojů pro výstavní prostory .....	39
6.2 Zásady umělého osvětlení.....	40
6.2.1 Rovnoměrnost osvětlení.....	40
6.2.2 Oslnění.....	40
6.2.3 Normy.....	40
6.3 Osvětlení obchodů s oblečením.....	41
6.3.1 Celkové osvětlení obchodu.....	41
6.3.2 Osvětlení výkladních skříní a výloh .....	41-42
6.3.3 Pokladní prostory.....	42
6.3.4 Uličky s obsluhou (osvětlenost podlah).. ..	42
<b>7. Filozofie obchodu Marks &amp; Spencer .....</b>	<b>43</b>
7.1 Prodejní plochy.....	43-44
 <b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>	
<b>8. Analýza světelné specifikace v České republice .....</b>	<b>45</b>
8.1 Studie zastoupení výrobců osvětlovací techniky .....	46-49
8.2 Studie užití osvětlovacího zdroje stejným výrobcem .....	49-50
<b>9. Studie vizuálního hodnocení barevných odchylek u metamerních párů.....</b>	<b>51</b>



9.1 Garnerův test metamerie- stupnice dichromatických vzorků a floater.....	51-53
9.2 Farnsworth-Munsell 100 Hue test.....	53
9.3 Garnerův test vizuálního hodnocení odchylek metamerních párů, pomocí šedé stupnice.....	53-56

## **10. Vyhodnocení Farnsworth-Munsell 100 Hue, Garnerův a Davidson & Hemmendinger testu.....**

10.1 Vyhodnocení pozorovatelů z hlediska osobní stability hodnocení.....	57
10.1.1 Vyhodnocení korelačního koeficientu.....	58
10.1.2 Vyhodnocení STRESS faktoru.....	59
10.2 Vyhodnocení pozorovatelů z hlediska kompatibility ve skupin.....	60
10.2.1 Vyhodnocení korelačního koeficientu.....	60
10.2.2 Vyhodnocení STRESS faktoru.....	60-61
10.3 Vyhodnocení pozorovatelů z hlediska kompatibility ve skupině II. ....	62

## **11. Porovnání spektrálních křivek pro reálné, normalizované a tabelární hodnoty .....**

11.1 Posuzování barevného vzhledu v modelech CIECAM02, CIECAM 97s, Nayatani a CIELAB .....	65-70
11.2 Grafický přehled jednotlivých hodnocených vzorků pozorovateli v kolorimetrické soustavě CIELAB .....	71

## **12. Závěr .....**

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>I-IV</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>IV</b>
<b>Seznam grafů .....</b>	<b>IV-VI</b>
<b>Seznam symbolů a zkratek .....</b>	<b>VII</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>VIII-XX</b>
<b>Bibliografické údaje .....</b>	<b>XXI</b>
<b>Internetové údaje .....</b>	<b>XXI-XXI</b>

## ÚVOD

Téma bakalářské práce nazvané „**Vliv spektrálního složení na barevný vzhled výrobku**“ se autorka rozhodla zpracovat z osobního důvodu. Vlastní obchod s textilním zbožím, ve kterém by chtěla aplikovat závěry, ke kterým se dostane při zpracování této práce.

S vývojem civilizace se člověk postupně vymanil z úplné závislosti na slunečním světle. Vynález elektrického osvětlení otevřel možnosti prosvětlování prostorů pro denní světlo nepřístupných. Od vývoje prvních žárovek uplynulo mnoho let. Požadavky kladené na zdokonalování barevného a spektrálního podání se snižujícími se náklady na provoz světelných zdrojů, přináší neustálé vymýšlení nových technologií, které se tyto požadavky snaží uspokojit.

Současné trendy v osvětlení musí držet krok na stále se zvyšující nároky zákazníků, vyvíjet nové, úspornější a dnes i zdroje ekologické. Například: halogenové žárovky, vysokotlaké rtuťové výbojky, nízkotlaké indukční výbojky, halogenidové výbojky, sodíkové výbojky a současné jedničky na trhu- luminiscenční svítící diody LED.

Umělé osvětlení slouží k vytvoření světelného klimatu v době, kdy denní osvětlení není dostatečné (stmívání, velká oblačnost), nebo je nelze využít (noc, prostory bez oken a světlíků). Proto by mělo být jak designově zajímavé, tak optimální, podle tzv. hygieny osvětlení dle norem ISO, při co nejnížší spotřebě elektrické energie, tzn. hospodárné.

# 1. Cíl práce a metodika

## 1.1 Cíl práce

Cílem této práce bude zjistit, jaké *spektrální složení* je optimální pro světelný zdroj, který má být instalován do obchodů s textilním zbožím s výsledkem co nejmenší barevné odchylky od spektrálního složení denního světla. Dosažení tohoto cíle je důležité především v prodejnách s outdoorovým oblečením. Tento typ oblečení nejvíce podléhá vizuálnímu srovnávání při koupi pod umělým světlem a změnou barevného odstínu pod světlem denním. Vyplývá z toho, že světlo podporuje prodej. Atraktivní osvětlení přitahuje zákazníky a podněcuje je k nákupu. Z početných studií vyplývá, že před výkladními skříněmi a prezentacemi výrobků, které jsou profesionálně nasvíceny fascinujícím světlem, zůstává větší počet lidí déle stát. Dobré světlo reprezentuje a tvoří atmosféru. Proto práce bude popisovat příklad strategie v podnikání u vybrané obchodní značky.

Pro zjištění informací o konkrétním typu světelných zdrojů, které se v dnešní době v textilních obchodech instalují nejvíce, bude vypracovaný podrobný přehled.

## 1.2 Metodika

Údaje a informace použité při psaní této práce byly získány z tištěné literatury a online zdrojů. Data z níže uvedených zdrojů byla zpracována a na základě nich byla napsána teoretická část této bakalářské práce.

V praktické části byly použity informace získané na základě výzkumu, který se týkal studie používání umělého osvětlení na skupině vybraných prodejců.

Na základě těchto informací byla aplikována studie vizuálního hodnocení barevných odchylek u metamerních párů se skupinou jedenácti pozorovatelů s bezdefektním viděním, za podmínek blízkých obvyklému osvětlení.

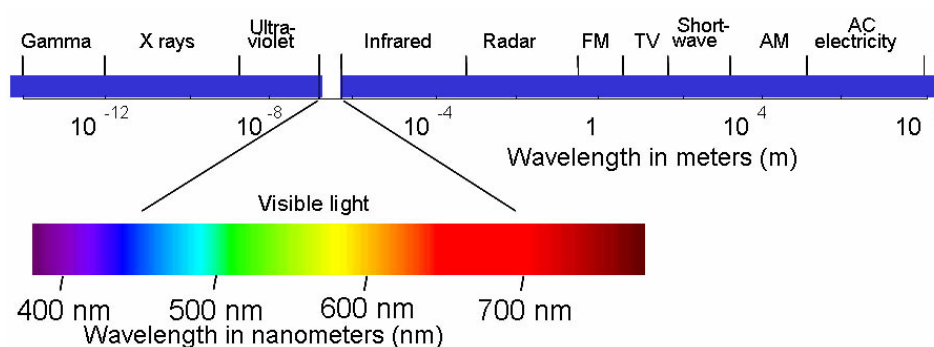
V další části jsou porovnány výsledky vizuálního hodnocení barevných odchylek u metamerních párů s ohledem na testovaný typ osvětlení a poté vypracovaná studie dalšího postupu.

## 2. Rozdělení světelného záření a denního světla

### 2.1 Světelné záření

Pod pojmem světelné záření se rozumí viditelné záření, které je zhodnoceno zrakovým orgánem pozorovatele podle citlivosti oka k záření různých vlnových délek, přičemž platí, že viditelné záření je jakékoliv optické záření schopné přímo vyvolat vizuální počitek.<sup>1</sup>

#### 2.1.1 Přehled kmitočtového spektra elektromagnetického záření



Obrázek číslo 1 Elektromagnetické spektrum záření

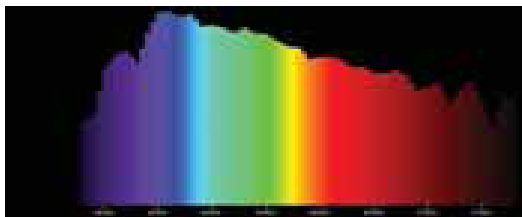
Spektrální složení denního světla je proměnlivé, závisí na výšce slunce nad obzorem a na stavu oblačnosti. Kvůli proměnnosti denního osvětlení se vyjadřuje intenzita denního osvětlení pomocí relativní veličiny, tzv. **činitele denní osvětlenosti**  $e$  [%], který je definován, jako poměr osvětlenosti denním světlem v daném bodě dané roviny  $E_{intr}$  [lx] k současné srovnávací osvětlenosti venkovní nezacloněné roviny  $E_{extr}$  [lx], za předpokládaného, nebo známého rozložení jasu oblohy.<sup>2</sup> Přímé sluneční světlo je při obou měřeních vyloučeno:

$$e = \frac{E_{intr}}{E_{extr}} \times 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

<sup>1</sup>JANDORA, R.:Elektromagnetické spektrum.[ cit. 2010-03-11]. Dostupné na WWW: <<http://radek.jandora.sweb.cz/f25.htm>>

<sup>2</sup>PLCH, J. a spol.: Osvětlení neosvětlitelných prostor. Brno. 2004. ISBN: 80-86517-82-9,s. 11.

Pro demonstraci, jak jsou jednotlivé barvy spektra v určitých vlnových délkách zastoupeny, znázorňuje obrázek níže.



*Obrázek číslo 2 Spektrální sluneční záření*

## 2.2 Člověk a denní světlo

Základem procesu vidění se stává energie záření určitých vlnových délek, dopadajících na oční sítnici. Sítnice se skládá z jedenácti vrstev. Na třetí vrstvě jsou umístěny fotoreceptory, čípky a tyčinky, které tvoří první neuron zrakové dráhy. Vlastní vidění je odvozováno od činnosti tyčinek a čípků. Jejich rozdělení se liší podle místa na sítnici. V místě nejostřejšího vidění (fovea centralis) jsou jen čípky (fotopické vidění), z nichž každý má své nervové vlákno a umožňuje individuální podráždění. V periférii převládají tyčinky (vidění skotopické). Jejich nervové dráhy jsou navzájem spojené v pohledové pole, což umožňuje sčítání více podprahových podnětů a snížení vjemového prahu. Mezi fotopickým a skotopickým viděním je vidění mezopické.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> PLCH, J. a spol.: Osvětlení neosvětlitelných prostor. Brno. 2004. ISBN: 80-86517-82-9, s. 9-12.

### 3. Objasnění teoretického principu barvy, jako objektu

#### 3.1 Barva

Pojem barva popisuje vlastnosti viditelného světla z hlediska vnímání lidského oka citlivé na tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou.<sup>4</sup>

Tabulka níže uvádí spektrum viditelného světla (monochromatické záření) rozdělené podle barev, odpovídající vlnové délky a frekvence. Za hranicemi na straně červené resp. fialové barvy již lidské oko nevnímá – zde leží infračervené a ultrafialové záření.<sup>5</sup>

Podle Citace Karla Marxe - „*Cítění barvy se jeví jako nejpobulárnější forma estetického cítění vůbec*“.

Barva	Rozsah vlnových délek	Rozsah frekvencí
• červená	~ 625–800 nm	~ 480–375 THz
• oranžová	~ 590–625 nm	~ 510–480 THz
• žlutá	~ 565–590 nm	~ 530–510 THz
• zelená	~ 520–565 nm	~ 580–530 THz
• tyrkysová (azurová)	~ 500–520 nm	~ 600–580 THz
• modrá	~ 430–500 nm	~ 700–600 THz
• fialová (purpurová, nachová)	~ 400–430 nm	~ 750–700 THz

Tabulka 1 Závislost barvy na vlnové délce

Průměrnému člověku se obecně přiznává asi 150- 160 rozeznatelných spektrálních tónů čili barevných prahů, vnímaných při středním jasu jdoucích do tisíců. Prof. K. Hanuš uvádí: „*na stupnici od bílé k černé oko postřehne asi 600 rozdílů, čili prahů*“. Tato stupnice šedí slouží jako světlostní tabulka pro barevné kvalty.<sup>6</sup>

#### 3.2 Atlasy barev

Pod pojmem atlas barev je chápán systematický soubor barevně odstupňovaných vzorků. V principu tohoto odstupňování lze nalézt zásadní rozdíly v pojetí nejvýznamnějších představitelů atlasů barev současnosti – Munsellovým atlasem barev a švédským NCS (Natural Colour System). V obou těchto atlasech je přitom možné nalézt přibližně stejné uspořádání: v cylindrické (válcové) soustavě souřadnic jsou po

<sup>4</sup> Hejzlar, J.: Barvy v bytovém interiéru. Praha. 1976, s. 17-18.

<sup>5</sup> PLCH, J. a spol.: Osvětlení neosvětlitelných prostor. Brno. 2004. ISBN: 80-86517-82-9, s. 4.

<sup>6</sup> Sylaby referátů ze semináře: Osvětlení interiérů. Liberec, 3. a 4. srpna 1966, s. 4-7

obvodové linii, resp. podle rovníku, umístěny barvy pestré (chromatické), vertikální osa je tvořena šedou (achromatickou) řadou, začínající na černé základně a končící na bílém vrcholu, ve směru rádiusvektoru (od svislé osy k obvodu) narůstá čistota.<sup>7</sup>

Munsellův atlas barev je uspořádán tak, že každý jeho barevný vzorek má své specifické alfanumerické označení. Toto označení vychází z předpokladu, že každou barvu je možné popsat třemi atributy: odstínem (H – hue), světlostí (V – value) a čistotou (C – chroma) v uzanci H V/C. Odstíny jsou uspořádány do kruhu, který je členěn na 100 odstínů, z nichž je deset hlavních (pět základních odstínů podle Munsella – Red, Yellow, Green, Blue a Purple a pět směsných odstínů – Yellow-Red, Green-Yellow, Blue-Green, Purple-Blue a Red-Purple).

NCS atlas je definován základními fyziologickými procesy vnímání barev, přičemž vychází z Heringových představ a není závislý na vnějších podmínkách pozorování. Těleso NCS tvoří otevřený dvoukružel, v němž svislá osa, je osa achromatických barev a na obvodu jsou umístěny chromatické barvy.<sup>8</sup>

### 3.3 Barva objektu

Barva objektu záleží na jeho fyzikálních vlastnostech a na vnímání pozorovatele. Z hlediska fyzikálního můžeme říci, že povrch má barvu světla, které odráží nebo vyzařuje. V případě odrazu závisí na složení spektra dopadajícího světla a na tom, které složky spektra tohoto světla povrch odráží a které pohlcuje a s jakou intenzitou. Stejně tak záleží na úhlu pozorování objektu. To vše ovlivňuje navrhování osvětlenosti v obchodech.<sup>9</sup>

Člověk nikdy nevnímá jen určitou izolovanou barvu, ale spojuje barevný vjem s dojmem, kterým na něho působí nositel barvy- konkrétní hmota, specifický materiál a

---

<sup>7</sup> VIK, M.: Měření barevnosti a vzhledu – 1. Část, LMBV KTM FT. Liberec. Duben. [online]. 1995. [cit. 2010-10-12]. Dostupný na WWW:  
<[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22867](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22867)>

<sup>8</sup> VIK, M.: Měření barevnosti a vzhledu – 1. Část, LMBV KTM FT. Liberec. Duben. [online]. 1995. [cit. 2010-10-12]. Dostupný na WWW:  
<[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22867](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22867)>

<sup>9</sup> MONZER, L.: Osvětlení a svítidla v bytech. Praha. 1985, s. 56-57.



struktura jeho povrchu, určitý předmět, konstrukce a jeho umístění v prostoru, vzájemné vztahy jednotlivých předmětů. Vlastnosti předmětů tedy fyzikálně i psychicky ovlivňují kvalitu vnímané barvy, a to i různými představami, které vzbuzují. Barvy často dokonce vzbuzují dojem hmatu nebo i zvuku. Toto současné mísení několika smyslových dojmů se nazývá syntézie.<sup>10</sup>

### **3.4 Barvy a umělé osvětlení**

Umělé světlo tedy podmiňuje reprodukci daných barev po dobu působení, a tím se řadí mezi nejdůležitější determinanty, se kterými se musí nezbytně počítat v každé praxi barevného řešení věcí. Kromě toho denní kolísavé světlo podává barvy povrchů dynamicky, zatímco umělé stálé světlo podává barvy statisticky, což nepochybně působí na psychologické činitele vizuálního vnímání. U umělého osvětlení se zvýrazňují ty barvy, které jsou totožné s převládajícím barevným zářením zdroje, a naopak pohasínají ty, které jsou protikladné k barevné teplotě světelného zdroje. Také intenzita umělého zdroje barvy věcí zesvětluje a tlumí.<sup>11</sup>

Díky kontaktu světla s materiály, které nás obklopují, nejen získáváme informace nezbytné k našemu životu, ale vytváříme si podle něj i naše pocity a dojmy. Mnohdy je účinek světla tak jemný, že si ho ani nejsme vědomi.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> HEJZLAR, J.: Barvy v bytovém interiéru. Praha 1976. s. 31-32.

<sup>11</sup> SYLLABY REFERÁTŮ ZE SEMINÁŘE: Osvětlení interiérů. Liberec, 3-4 srpna 1966, s. 2-3.

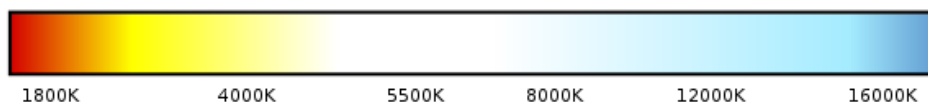
<sup>12</sup> PLCH, J. a spol.: Osvětlení neosvětlitelných prostor. Brno. 2004. ISBN: 80-86517-82-9, s. 6.

## 4. Faktory ovlivňující barevné podání

### 4.1 Teplota chromatičnosti

Barevná teplota, též nazývaná "*teplota chromatičnosti*" charakterizuje spektrum bílého světla, podle příručky: "*světlo určité barevné teploty má barvu tepelného záření vydávané černým tělesem, zahřátým na onu teplotu*". Teplota chromatičnosti je udávána ve stupních Kelvina. Hodnota 5500° K je považována za optimální hranici, kdy je bílá barva vnímána jako bílá nejen lidským zrakem, který je značně přizpůsobivý, ale i digitálními přístroji. Na tuto hodnotu jsou rovněž zcitlivěny diapozitivní i negativní "denní" filmy. Při změně teploty chromatičnosti (snížení/zvýšení) dochází k posunu tonality buď k teplejším, nebo studenějším tónům barevného spektra. Typickým příkladem může být fotografování v místnosti osvětlené klasickou žárovkou. Její teplota chromatičnosti dosahuje cca 2800 K. Výsledné snímky jsou zabarveny do oranžova. Náprava tohoto nedostatku je u digitálních fotoaparátů podstatně snazší, než tomu bylo dříve. Při fotografování na film, je dnes možnost manuálně nastavit vyvážení bílé. V opačném případě je nutná pozdější náprava chyb v grafickém editoru.<sup>13</sup>

Na obrázku níže je barevné zobrazení teplot chromatičnosti v Kelvinech.



Obrázek číslo 3 Spektrum teplot chromatičnosti

Barevná teplota se měří v Kelvinech (značený **K**) je jednotka teploty, indikující termodynamickou teplotu. Absolutní velikost jednoho stupně v Celsiově i Kelvinově stupnici je stejná – teplotní rozdíl 1 K je roven rozdílu 1°C.

<sup>13</sup> SUDEK, J.: Vlastnosti studiových světel. [online]. 2002. [cit. 2010-13-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.fotoskoda.cz/eobchod/multi/atelier/index.html>>

#### 4.1.1 Příklady barevných teplot různých světelných zdrojů

- 1200 K: svíčka,
- 2800 K: žárovka, slunce při východu a západu,
- 3000 K: studiové osvětlení,
- 5000 K: obvyklé denní světlo, zářivky,
- 5500 K: fotografické blesky, výbojky; toto je obvyklá barevná teplota používaná v profesionální fotografii,
- 6000 K: jasné polední světlo,
- 6500 K: standardizované denní světlo,
- 7000 K: lehce zamračená obloha,
- 8000 K: oblačno, mlhavo (mraky zabarvují světlo do modra),
- 10 000 K: silně zamračená obloha nebo jen modré nebe bez
- Slunce.<sup>1415</sup>

#### 4.1.2 Srovnání barevných rozdílů teplot v Kelvinech upravených fotografií v programu Zoner Photo Studio



*Obrázek číslo 4. Barevné podání při 5600K*

---

<sup>14</sup> KRCH, V.: Osvětlování umělé a přírodní. Praha. 1977, s. 92.

<sup>15</sup> WIKIPEDIE: Barevná teplota. [online]. 1994. [cit. 2011-17-01]. Dostupné na WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A1\\_teploata](http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A1_teploata)>



*Obrázek číslo 5 Barevné podání při 8500K*



*Obrázek číslo 6. Barevné podání při 3500K*

## 4.2 Metamerie

Metamerie označuje jev, kdy barvy s odlišným spektrálním složením jsou za určitých podmínek vnímány shodně:  $X_1=X_2$ ,  $Y_1=Y_2$ ,  $Z_1=Z_2$ .<sup>16</sup> Metamerie souvisí s funkcí vizuálního systému. Oko nerozlišuje spektrální složení barvy. Vjem je dán podrážděním  $\rho$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  čípků citlivým k dlouhým, středním a krátkým vlnovým délkám (lze představit jako tři barevné filtry R, G, B). Principiálně tedy dva vzorky se zcela odlišným spektrálním složením mohou vyvolat stejnou stimulaci  $\rho$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  čípků. Se změnou těchto

---

<sup>16</sup> VIK, M.: Vztah chromatické adaptace a metamerie. LBMV FT TU. Liberec [online]. 2001. [cit. 2010-21-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/include/vik.michal/papers/par98s.pdf>>

podmínek dochází k tomu, že se vizuální podněty jeví jako rozdílné:  $X_1 \neq X_2$ ,  $Y_1 \neq Y_2$ ,  $Z_1 \neq Z_2$ .<sup>17</sup>

#### **4.2.1 Metamerie vlivem osvětlení**

Častější verzí je metamerie vlivem osvětlení. Pokud se dva barevné vzorky pod jedním osvětlením jeví shodně, pod jiným se jeví patrný rozdíl. Například jednotlivé díly výrobku se při osvětlení ve výrobní hale jeví shodné, ale pod osvětlením v místě prodeje nebo v místě používání vykazují odlišný odstín.<sup>18</sup>

#### **4.2.2 Metamerie vlivem pozorovatele**

Pár předmětů se jednomu pozorovateli zdá shodný, zatímco druhému rozdílný. Tato situace může nastat, když respondenti mají odlišnosti v barevném vnímání, nebo pokud je hodnocení prováděno za podmínek odlišného zorného úhlu ( $2^\circ$  a  $10^\circ$ ).

#### **4.2.3 Metamerie zorného pole**

Je způsobována změnami zorného pole z  $2^\circ$  na  $10^\circ$  a opačně, teda množství zapojených tyčinek do procesu vnímání. Metamerie zorného pole se vyskytuje tam, kde metamerní pár odpovídá pozorování v jedné vzdálenosti, ale nerovná se však při pozorování ze vzdálenosti jiné.

#### **4.2.4 Geometrická metamerie**

Je v důsledku změn podmínek pozorování, jmenovitě úhlu, pod kterým jsou předměty pozorovány.

---

<sup>17</sup> VIK, M.: Základy koloristiky – ZKO5. LBMV FT TU. Liberec. [online]. 2001. [cit. 2010-11-12]. Dostupné na: <[http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Zaklady\\_Koloristiky/5ZKO-svetlo.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Zaklady_Koloristiky/5ZKO-svetlo.pdf)>

<sup>18</sup> AZ REPRODUKCE BAREV. [online]. 1998. [cit. 2011-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.reprodukce-barev.org/?menu=3&hlav=2>>

## 4.2.5 Metrická přesnost

Kolorimetrická přesnost byla specifikována v CIE94 barevné odchylky rovností pro standardní osvětlování D50 a 1931 standardního pozorovatele. Spektrální přesnost byla specifikována jako metamerický index, který byl kvantifikovaný jako CIE94 barevné odchylky rovností pro standardní osvětlování A a 1931 standardního pozorovatele přes parametrickou korekci.

### 4.2.5.1 Index metamerie

Nimeroffema a Yurowema rovnice s váhovými faktory, reprezentovanými trichromatickými činiteli k výpočtu MI:

$$MI = \left\{ \sum_{\lambda} [\bar{x}_{\lambda} (\Delta R_{\lambda})]^2 + \sum_{\lambda} [\bar{y}_{\lambda} (\Delta R_{\lambda})]^2 + \sum_{\lambda} [\bar{z}_{\lambda} (\Delta R_{\lambda})]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

kde  $R_{1,\lambda}$ ,  $R_{2,\lambda}$  jsou spektrální remisní křivky dvou objektů.  $x_{\lambda}$ ,  $y_{\lambda}$ ,  $z_{\lambda}$  jsou váhové faktory (trichromatické činitele).

### 4.2.5.2 Metamerní odchylka

V koloristické praxi se nejčastěji setkáváme posuzováním metamerie pomocí metamerního indexu CIE, neboli metamerní odchylky ME. Výpočet ME je založen na výpočtu barevné odchylky  $\Delta E$  při jiném osvětlení, než při kterém bylo dosaženo barevné shody v CIELAB prostoru, přičemž se doporučuje použít této kvantifikace metamerie alespoň pro dvě dvojice světél. V praxi to bývá nejčastěji přechod D65 – A a D65 – TL84.

$$ME_{D65-A} = \sqrt{(\Delta L_{D65}^* - \Delta L_A^*)^2} + \sqrt{(\Delta a_{D65}^* - \Delta a_A^*)^2} + \sqrt{(\Delta b_{D65}^* - \Delta b_A^*)^2} \quad (3)$$

kde  $\Delta L_{D65}^*$ ,  $\Delta a_{D65}^*$ ,  $\Delta b_{D65}^*$  jsou barevné difference pod světlem D65  
a  $\Delta L_A^*$ ,  $\Delta a_A^*$ ,  $\Delta b_A^*$  jsou barevné difference pod světlem A.

### 4.2.5.3 CIE Barevný prostor

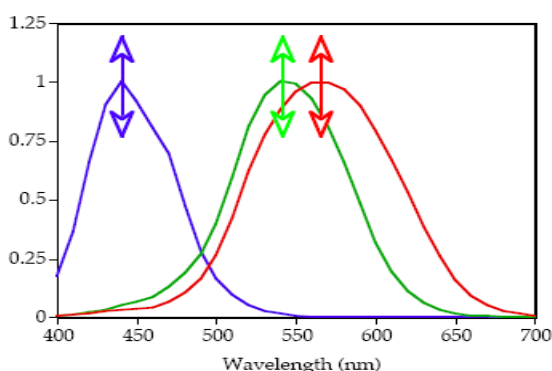
Mezinárodní osvětlovací komise CIE ustanovila roku 1931 sjenocený barevný diagram neboli kolorimetrický trojúhelník CIE. Lze v něm určit jakoukoli barvu pomocí souřadnicových os x, y. V diagramu je zobrazena křivka spektrálních barevných světél

jako nepravidelná křivka (podkova) uzavřená přímkou purpurových barev, které nejsou obsaženy ve spektru, ale vzniknou smíšením obou koncových barev slunečního spektra – fialové a červené. Na křivce leží spektrální barvy vlnových délek 380 až 720nm a purpurové barvy udávané vlnovou délkou jejich doplňkových barevných světél. Uvnitř křivky leží všechny modifikace barev a bod C neboli bílý bod, k němuž se barvy postupně zesvětlují.

### 4.3 Chromatická adaptace

Objekt může být viděn v různých podmínkách. Například může být osvětlen slunečním světlem, světlem ohně nebo elektrickým zářičem. Ve všech těchto situacích se lidské oko adaptuje na aperturní barvu. Mění se senzitivita tří základních receptorů a následně se objekt může jevit tak, že má stejnou barvu.<sup>19</sup>

Na obrázku je zobrazen rozsah chromatické adaptace:



*Graf číslo 1Rozsah chromatické adaptace*

### 4.4 CIELAB – MODEL PRO POSUZOVÁNÍ BAREVNOSTI VZHLEDU

V oblasti měření barevnosti se pro vyjádření parametrů barevného vzhledu a vyjádření barevných diferencí mezi dvěma vzorky (např. požadované vybarvení – dosažené vybarvení) používají různé systémy. Jedním z nich je systém CIELAB, který je v

<sup>19</sup> SVĚTLO: Co je nového v CIE. [online] 2005. [cit. 2011-16-03] Dostupné na WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=35043](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35043)>

současné době považován za standard CIE a ISO. Základní transformační rovnice tohoto systému pravoúhlé souřadnice jsou dány vztahy:

$$L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (4)$$

$$a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)] \quad (5)$$

$$b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)] \quad (6)$$

Pro případ, že  $X/X_0, Y/Y_0, Z/Z_0 > 0,008 856$ .

Pro případ, že  $X/X_0, Y/Y_0, Z/Z_0 < 0,008 856$  platí linearizace:

$$L^* = 903,3 (Y/Y_0) \quad (7)$$

$$a^* = 3893,5[X/X_0 - Y/Y_0] \quad (8)$$

$$b^* = 1557,4[Y/Y_0 - Z/Z_0] \quad (9)$$

kde  $X, Y, Z$  jsou trichromatické hodnoty vzorku a  $X_0, Y_0, Z_0$  jsou trichromatické hodnoty normalizovaného světla použitého pro výpočet (např. D65, A, TL84) upravené tak, aby pro dokonale difúzně rozptylující povrch byla  $Y_0 = 100,00$ .

Pro cylindrické souřadnice se používá při výpočtu rovnice:

$$L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (10)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (11)$$

$$h^* = (a^*/b^*) \quad (12)$$

Totální barevnou diferenci pak vypočteme podle vztahu:

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (13)$$

Kde  $\Delta L^* = L^* \text{ vzorku} - L^* \text{ předlohy}$

$\Delta a^* = a^* \text{ vzorku} - a^* \text{ předlohy}$

$\Delta b^* = b^* \text{ vzorku} - b^* \text{ předlohy}$



V současné době je tento systém často kritizován, protože nepředstavuje ideální barevný prostor. K jeho nedostatkům patří hlavně závislost na síle vybarvení a tím i na měrné čistotě. Jeho nerovnoměrnost je udávána poměrem 1:4 až 1:7. To je příčinou toho, že  $\Delta E_{CIELAB}$  není vhodné používat pro posudky PASS/FAIL. Model má fixované osvětlení, pozadí a okolní prostředí, neumožňuje tedy predikce efektů závislých právě na těchto podmínkách.

## 4.5 CIECAM97

Při tvorbě modelu se vycházelo z výsledků vývoje různých modelů barevného vzhledu a požadavků na vlastnosti modelu. Vstupní data modelu zahrnují intenzitu adaptačního pole, relativní intenzitu pozadí a trichromatické složky testovaného podmětu a referenční trichromatické složky. Podle podmínek pozorování je nezbytné zvolit odpovídající hodnoty vlivu okolí, chromatického indukčního faktoru, faktoru kontrastu měrné světlosti a faktoru stupně adaptace.

<b>Podmínky pozorování</b>	<b>C Konstanta pro vliv okolí</b>	<b>Nc Chromatický indukční faktor</b>	<b>F<sub>LL</sub> Faktor kontrastu měrné světlosti</b>	<b>F Faktor stupně adaptace</b>
Průměrné okolí, Úhel pozorování větší než 4°	0,69	1	0	1
Průměrné okolí	0,69	1	1	1
Šeré okolí	0,59	1,1	1	0,9
Tmavé okolí	0,525	0,8	1	0,9
Diapozitivy	0,41	0,8	1	0,9

*Tabulka číslo 2 Parametry používané v modelu CIECAM97*

Prvním krokem je normalizace vstupních trichromatických složek a jejich transformace na čípkovou odezvu. Model využívá BFD chromatickou adaptační transformaci. Pro krátkovlnnou (S) odezvu byly do modelu zahrnuty nelineární exponenty navržené Nayatanim. Pro specifikování stupně adaptace byla použita proměnná D pohybující se v rozmezí 1 pro kompletní a 0 pro žádnou adaptaci. Navíc je možné vypočítat odpovídající stupeň nekompletní adaptace pro libovolnou úroveň intenzity a okolní podmínky. Částečné adaptační faktory vycházejí z návrhů uplatněných v Fairchildově modelu RLAB a v modelu Nayatani. Vliv okolí je založen na Bartlesonových a Brenemanových pracích. Model CIECAM dále zahrnuje výpočet indukčního faktoru a chromatického jasového indukčního faktoru.

Převod vstupních trichromatických složek vzorku a referenční bílé na čípkovou odezvu:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \mathbf{M}_B \begin{bmatrix} X/Y \\ Y/Y \\ Z/Y \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M}_B = \begin{bmatrix} 0.8951 & 0.2664 & -0.1614 \\ -0.7502 & 1.7135 & 0.0367 \\ 0.0389 & -0.0685 & 1.0296 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Pro výpočet specifického stupně adaptace k odpovídající jasové úrovni a okolní podmínky se používá následujících vztahů:

$$\begin{aligned} R_c &= [D(1.0/R_w) + 1 \downarrow D]R \\ G_c &= [D(1.0/G_w) + 1 \downarrow D]G \\ B_c &= [D(1.0/B_w^p) + 1 \downarrow D]B^p \\ p &= (B_w/1.0)^{0.0834} \\ D &= F \downarrow F/[1 + 2(L_A^{1/4} + (L_A^2/300))] \end{aligned} \quad (15)$$

Převod na Hunt-Pointer-Estevezovu čípkovou odezvu:

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \mathbf{M}_H \mathbf{M}_B^{-1} \begin{bmatrix} R_c Y \\ G_c Y \\ B_c Y \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M}_H = \begin{bmatrix} 0.38971 & 0.68898 & -0.07868 \\ -0.22981 & 1.18340 & 0.04641 \\ 0.00 & 0.00 & 1.00 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Post-adaptační signály jsou dále transformovány na Hunt-Pointer-Estevéz čípkovou odezvu využívající nelineární odezovou kompresi:

$$\begin{aligned} R'_a &= \frac{40(F_L R'/100)^{0.73}}{[(F_L R'/100)^{0.73} + 2]} + 1 \\ G'_a &= \frac{40(F_L G'/100)^{0.73}}{[(F_L G'/100)^{0.73} + 2]} + 1 \\ B'_a &= \frac{40(F_L B'/100)^{0.73}}{[(F_L B'/100)^{0.73} + 2]} + 1 \end{aligned} \quad (17)$$

Základní hodnoty červeno-zelené a žluto-modré jsou vypočteny pomocí rovnic, které opět vychází z Huntova a Nayataniho modelu:

$$\begin{aligned} G_c &= [D(1.0/G_w) + 1 - D]G \\ B_c &= [D(1.0/B_p w) + 1 - D]|B|p \end{aligned} \quad (18)$$

Odstínový úhel  $h$  se pak vypočte z 'a b ' pomocí rovnice:

$$h = \tan^{-1}(b/a) \quad (19)$$

Odstín  $H$  kvadratury a excentricity  $e$  faktoru, jsou vypočteny z těchto odstínových dat, obvyklým způsobem (lineární interpolace):

$$\begin{aligned} \text{Červená: } h &= 20.14, e = 0.8, H = 0 \text{ nebo } 400 \\ \text{Žlutá: } h &= 90.00, e = 0.7, H = 100 \\ \text{Zelená: } h &= 164.25, e = 1.0, H = 200 \\ \text{Modrá: } h &= 237.53, e = 1.2, H = 300 \end{aligned} \quad (20)$$

Rovnice níže ilustrují výpočet  $E$  a  $H$  pro libovolné úhly odstínu, indexy 1 a 2 se vztahují na odstíny s odstínovými úhly těsně pod a nad odstínový úhel:

$$\begin{aligned} e &= e_1 + (e_2 - e_1)(h - h_1) / (h_2 - h_1) \\ H &= H_1 + \frac{\frac{100(h-h_1)}{e_1}}{\frac{(h-h_1)}{e_1} + (h_2-h)/e_2} \end{aligned} \quad (21)$$

Achromatická odezva je vypočtena podle rovnice 22:

$$A = [2R'a + G'a + (1/20)B'a - 2.05]Nbb \quad (22)$$

Světlost J se počítá z achromatických signálů pro vzorek a bílou pomocí rovnice:

$$J = 100(A/A_w)^{cz} \quad (23)$$

Jas Q se vypočítá ze světlosti a achromatických pro bílé pomocí rovnice:

$$Q = (1.24/c)(J/100)^{0.67}(A_w + 3)^{0.9} \quad (24)$$

Sytost s, chroma C a barevnost M, jsou vypočteny s použitím rovnic:

$$s = \frac{50(a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} 100e(\frac{10}{13})N_c N_{cb}}{R'_a + G'_a + (\frac{21}{20})B'_a}$$

$$C = 2.44^{s^{0.69}}(J/100)^{0.67n}(1.64 - 0.29^n)$$

$$M = CF_L^{0.15} \quad (25)$$

## 4.6 CIECAM02

Navrhovaná zlepšení v CIECAM97s, nakonec vedly k formulaci na jednodušší a efektivnější model s názvem CIECAM02. Tato kapitola pojednává o odvození a formulaci CIECAM02.

Vstupní parametry pro model CIECAM02:

Informace o stavu	c	Nc	F
Průměrné okolí	0,69	1,0	1,0
Šeré okolí	0.9	0.59	0.9
Tmavé okolí	0.525	0.8	0.8

Tabulka číslo 3 Vstupní parametry pro CIECAM02

Jedním z důležitých změn v CIECAM02 je použití lineární von Kriesovu-typu chromatické transformace. Výsledkem je jednodušší model.

Optimalizová změna matice MCAT02 (vycházející z RGB):

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \mathbf{M}_{\text{CAT02}} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M}_{\text{CAT02}} = \begin{bmatrix} 0.7328 & 0.4296 & -0.1624 \\ -0.7036 & 1.6975 & 0.0061 \\ 0.0030 & 0.0136 & 0.9834 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Transformaci na kuželové reakce je stejná, jako se používá v Huntově modelu. Matrice MCAT02 je normalizována hodnotami tristimulů (pro stejné-energetické osvětlovací zdroje ( $X = Y = Z = 100$ ), k vytvoření stejné kuželové reakce ( $L = M = S = 100$ )). Faktor D, pro stupeň adaptace, je počítán jako funkce přizpůsobení jasu  $L_A$  a prostor F, podle rovnice níže. Faktor D se nastaví na hodnotu 1,0.

$$D = F \left[ 1 - \left( \frac{1}{3.6} \right) e^{\left( \frac{-(L_A + 42)}{92} \right)} \right] \quad (26)$$

Hodnoty tristimulů k vyvážení bílé:

$$\begin{aligned} R_C &= [(100D/R_W) + (1 - D)]R \\ G_C &= [(100D/G_W) + (1 - D)]G \\ B_C &= [(100D/B_W) + (1 - D)]B \end{aligned} \quad (27)$$

Další řada viewing-condition-dependent komponenty jsou počítány jako střední hodnoty potřebné pro další výpočty. Patří mezi ně jasové-úrovně adaptačního faktoru FL, indukční faktory NBB a Ncb a základní exponenciální nelinearita. Každá hodnota závisí na jasu  $Y_b$ . Tyto faktory jsou počítány pomocí rovnic:

$$k = 1/(5LA + 1)$$

$$FL = 0.2k^4(5LA) + 0.1(1 - k^4)^2(5LA)^{1/3}$$

$$n = \frac{Y_b}{Y_w}$$

$$N_{bb} = N_{cb} = 0.725(1/n)^{0.2}$$

$$z = 1.48 + \sqrt{n} \quad (28)$$

Relativní spektrální responsivita (reakce) pro primární hodnoty  $M_{CAT02}$  Hunt-Pointer-Estevéz kuželový základ.

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \mathbf{M}_{HPE} \mathbf{M}_{CAT02}^{-1} \begin{bmatrix} R_C \\ G_C \\ B_C \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\mathbf{M}_{HPE} = \begin{bmatrix} 0.38971 & 0.68898 & -0.07868 \\ -0.22981 & 1.18340 & 0.04641 \\ 0.00000 & 0.00000 & 1.00000 \end{bmatrix} \quad (30)$$

$$\mathbf{M}_{CAT02}^{-1} = \begin{bmatrix} 1.096124 & -0.278869 & 0.182745 \\ 0.454369 & 0.473533 & 0.072098 \\ -0.009628 & -0.005698 & 1.015326 \end{bmatrix} \quad (31)$$

Pro většinu z běžných provozních rozsahových sytostí těchto funkcí, jsou podobné jednoduché čtvereční jádrové (zdrojové) funkce. Tyto nelinearity jsou uvedeny v rovnicích:

$$R'_a = \frac{400(F_L R'/100)^{0.42}}{27.13 + (F_L R'/100)^{0.42}} + 0.1 \quad (32)$$

$$G'_a = \frac{400(F_L G'/100)^{0.42}}{27.13 + (F_L G'/100)^{0.42}} + 0.1 \quad (33)$$

$$B'_a = \frac{400(F_L B'/100)^{0.42}}{27.13 + (F_L B'/100)^{0.42}} + 0.1 \quad (34)$$

Hodnoty jsou použity k vytvoření reakcí oponentní barvy a formulaci barevného vzhledu. Počáteční oponentní typ reakce v CIECAM02 je vypočtena podle rovnice:

$$a = R'a - 12G'a/11 + B'a/11$$

$$b = (1/9)(R'a + G'a - 2B'a) \quad (35)$$

## HUE

Úhel odstínu  $h$  se počítá CIECAM02 prostoru pomocí stejného postupu jako CIELAB. Stejně jako v CIELAB, je  $h$  vyjádřeno ve stupních od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  a měřeno od pozitivní osy vypočítá podle rovnice:

	<i>červená</i>	<i>žlutá</i>	<i>zelená</i>	<i>modrá</i>	<i>červená</i>
<i>t</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>hi</i>	<i>20,14</i>	<i>90,00</i>	<i>164,25</i>	<i>297,53</i>	<i>380,14</i>
<i>ei</i>	<i>0,8</i>	<i>0,7</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>	<i>0,8</i>
<i>Hi</i>	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>300</i>	<i>400</i>

Tabulka číslo 4. Hodnoty úhlů v CIEAM02

$$h = \tan^{-1}(b/a) \quad (36)$$

Dalším faktorem je vypočtení excentricity  $e_t$ . Formulovaný analyticky pomocí rovnice:

$$e_t = 1/4 \cos\left[\left(h \frac{\pi}{180} + 2\right) + 3,8\right] \quad (37)$$

Odstín, kvadratura a odstínové složení lze určit pomocí lineární interpolace z údajů uvedených v tabulce, pomocí rovnice:

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_1 + \frac{100(h - h_1)/e_1}{(h - h_1)/e_1 + (h_{t+1} - h)/e_{t+1}} \quad (38)$$

## Světlost

Achromatická reakce je vypočítaná součtem nelineární reakce kužele s upraveným jasnem indukčního faktoru, znázorněno v rovnici níže. Podobné množství, musí být také vypočtené pro bílou, k usnadnění výpočtu jasu.

$$A = [2R'_a + G'_a + (1/20)B'_a - 0.305]Nbb \quad (39)$$

Světlost J je pak jednoduše počítána od achromatické reakce. Kde je  $A_W$  chromatická reakce pro bílou, c prostorový faktor, z základní exponent použité v rovnici:

$$J = 100(A/A_W)c_z \quad (40)$$

## Jas

CIECAM02 korelace jasu Q se vypočte ze světlosti J, achromatické reakce na bílé  $A_W$ , prostorovým faktorem c a světelná úroveň adaptačního faktoru FL, jak je uvedeno v rovnicích:

$$t = \frac{(50\,000/13)N_c N_{cb} e_t \sqrt{a^2 + b^2}}{R'_a + G'_a + (21/20)B'_a}$$
$$C = t^{0.9} \sqrt{J/100} (1.64 - 0.29^n)^{0.73} \quad (41)$$

## Barevnost

Úměra barevnosti v CIECAM02 se počítá pomocí rozšiřování predikční čistoty C, čtvrté jasové úrovně adaptačního faktoru FL.

$$M = CF_L^{0.25} \quad (42)$$



## Sytost

Nasycenost je definována v CIECAM02 jako druhá odmocnina barevnosti, vzhledem k jasů:

$$s = 100 \sqrt{M/Q} \quad (43)$$

## 5. Světelné zdroje pro všeobecné osvětlení

### 5.1 Rozdělení světelných zdrojů

Světelné zdroje je možné rozdělit na tři základní typy: teplotní, výbojové a luminiscenční. Toto rozdělení odpovídá dříve uvedeným způsobům přeměny elektrické energie na energii světelnou. Další popis světelných zdrojů bude proveden pro teplotní a výbojové zdroje světla.

### 5.2 Teplotní světelné zdroje

#### 5.2.1 Klasické žárovky

Jako teplotní zdroj má spojitě spektrum s převažující řadou červeného záření. Její světlo je proto mírně načervenalé. Zdůrazňuje tedy vlivem aktivity poněkud řady teplých barev, zvláště červené, jež se tak snaží být sytější, zatímco sytost studených barev trochu pohasíná a šedne. Svým nádechem se tyto barvy posunují ke žluté. Modrá barva v podání žárovky je někdy dokonce těžko identifikovatelná. Teplota vlákna žárovek se pohybuje v rozmezí 2000°C až 2640°C, a to pro rozsah příkonů 40W až 200W. Měrný výkon žárovek se pohybuje kolem 10 lm.W-1. Životnost žárovky je zhruba 1000h.<sup>20</sup> Z obrázku je zřejmý důvod toho, proč žárovky nedosahují velkého měrného výkonu. Převážná část vyzářené světelné energie se totiž pohybuje v oblasti neviditelného infračerveného záření.<sup>21</sup>



*Obrázek číslo 7. Spektrum vyzáření žárovky ve viditelné oblasti světla*

<sup>20</sup> OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA: Dokonalé zářivkové osvětlení. [online]. 2007. [cit. 2011-05-02]. Dostupné na WWW: <<http://nbb.cz/aplikace/dokonale-zarivkove-osvetleni>>

<sup>21</sup> KLUB ODBORNÉ PŘIPRAVENOSTI V ELEKTROTECHNICE: Návrh umělého osvětlení vnitřních prostorů II, 1989, s.8

### 5.2.2 Halogenové žárovky

Halogenové žárovky jsou založeny na principu halogenového regeneračního cyklu. Vypařené molekuly wolframu putují ke stěně baňky a v její blízkosti se slučují s halogenem na halogenid wolframu. Vlivem tepelného pole se vrací zpět na nejteplejší místo vlákna, kde dochází k disociaci. Wolfram se usadí opět na vlákno a halogen se vrací zpět k povrchu baňky. Tím se zvýší světelný tok a prodlouží se také doba života halogenové žárovky.<sup>22</sup>

## 5.3 Výbojové světelné zdroje

### 5.3.1 Lineární zářivky

Zářivky patří mezi nízkotlaké. Mají spojité spektrum a čárová spektra rtuťových par. Výsledný barevný odstín jejich světla závisí na složení luminoforu (naneseného na vnitřní stěny skleněné trubice). Fluorescencí se zviditelňuje ultrafialové záření vzniklé při výboji elektrického proudu ve zředěných rtuťových parách v trubici. Různé složení prášku luminoforu umožňuje značný počet barevných odstínů zářivkových světél. Energetická bilance je mnohem příznivější, 20% celkového výkonu mění ve světlo.<sup>23</sup>

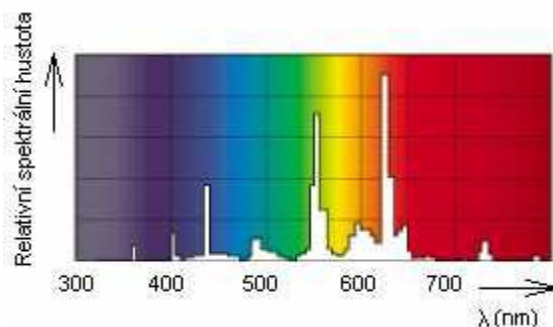
### 5.3.2 Kompaktní zářivky

Kompaktní zářivky je možné použít namísto klasických žárovek. Spotřebovávají mnohem méně energie a vyznačují se delší dobou života. Mají vysoký index podání barev. Potlačují stroboskopický efekt a kmitání světelného toku. Jsou odolné vůči častému spínání. K nevýhodám kompaktních zářivek patří to, že jejich světelný tok nenaběhne na jmenovitou hodnotu okamžitě po startu.

---

<sup>22</sup>KLUB ODBORNÉ PŘIPRAVENOSTI V ELEKTROTECHNICE: Návrh umělého osvětlení vnitřních prostorů II, 1989, s. 9-10

<sup>23</sup>KRCH, V.: Osvětlování umělé a přírodní. 1998. s. 64.

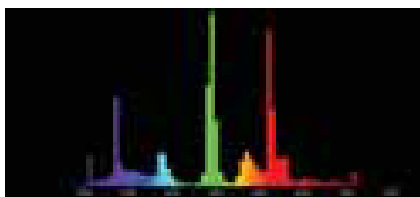


Obrázek číslo 8. Spektrální vyzáření zářivek

### 5.3.3 Nízkotlaké indukční výbojky

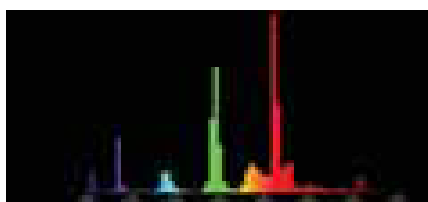
Výboj je vybuzen vnějším vysokofrekvenčním polem. Charakteristickou zvláštností této skupiny je bezelektrodová konstrukce prostoru, v němž probíhá výboj. To vede k významnému technologickému zjednodušení výroby vlastní výbojky a současně umožňuje zlepšit její provozní parametry. Výbojka obsahuje menší počet konstrukčních prvků, s nimiž může reagovat vnitřní náplň. Technicky složité je zajištění příslušného napájecího zdroje. Technická úroveň, spolehlivost, životnost a cena zásadně ovlivňují zavádění indukčních výbojek do osvětlovací praxe.<sup>24</sup> V současné době již existují řady typů těchto světelných zdrojů. Liší se druhem svíticích prvků, tlakem jejich par, konstrukčním uspořádáním vlastního výbojového prostoru. Jako svíticí prvek je zatím nejvíce využívána tradičně rtuť. Na obrázcích je zobrazeno spektrální složení.

Barva světla 840, studená bílá



<sup>24</sup> KRCH, V.: Osvětlování umělé a přírodní, 1998. s. 68.

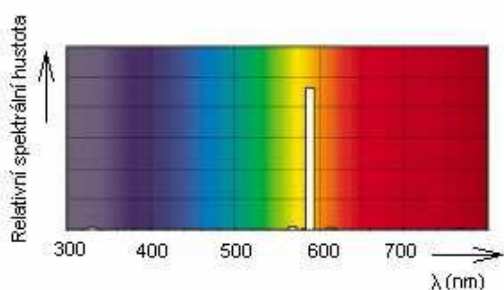
Barva světla 840, teplá bílá



Obrázek číslo 9. Spektrální složení indukčních výbojek se svítivostí 840

### 5.3.4 Nízkotlaké sodíkové výbojky

V nízkotlakých sodíkových výbojkách vzniká výboj při tlaku sodíkových par  $p=0,5\text{Pa}$  a teplotě výbojové trubice  $270^{\circ}\text{C}$  až  $300^{\circ}\text{C}$ . Vyzařují záření v pásmu dvou blízkých vlnových délek  $589\text{nm}$  a  $589,6\text{nm}$ . Tyto vlnové délky jsou blízké maximu spektrální citlivosti oka. To má za následek, že tyto výbojky dosahují měrného výkonu až  $200\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ . Vzhledem k prakticky monochromatickému záření, které generuje nízkotlaká sodíková výbojka, neobsahuje další vlnové délky. Proto u nich není možné rozlišovat barvy, a index barevného podání je roven  $R_a=0$ . Životnost tohoto zdroje je až 24000 hodin. Využívají se k venkovnímu osvětlení silnic.<sup>25</sup>



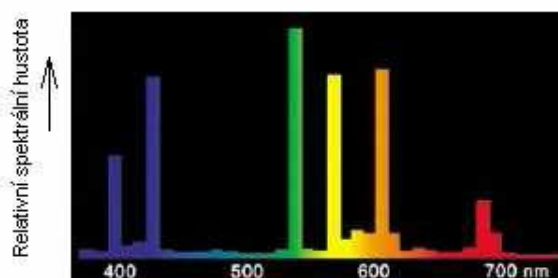
Obrázek číslo 10. Nízkotlaká sodíková výbojka a její spektrum vyzařování

### 5.3.5 Vysokotlaké rtuťové výbojky

Zcela anulují červené barvy. Tyto zdroje nemají spojitě, ale čárové spektrum. Jejich výkonnost je od 28 do  $50\text{lm/W}$ , která se neustále vyvíjí. Halogenidové příměsi z nich

<sup>25</sup> CHALUPSKÝ, L.: 100 x o umělém osvětlení. Praha. 1989. s. 56-57

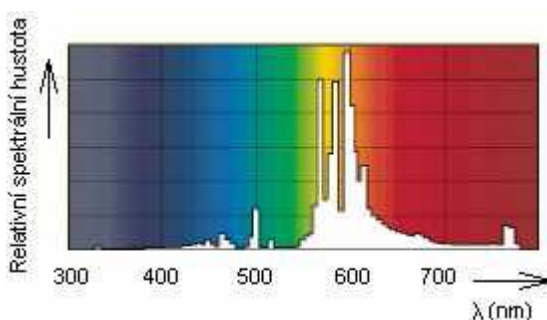
vytvořily zdroje nové, s lepším barevným podáním. Životnost se pohybuje v rozmezí 12000 až 15000 hodin.<sup>26</sup>



*Obrázek číslo 11. spektrum vyzařování vysokotlaké rtuťové výbojky*

### 5.3.6 Nízkotlaké sodíkové výbojky

Nízkotlaké jsou zdrojem monochromatického žlutého světla. Používají se hlavně tam, kde záleží na barvě světla. Výkon až 105lm/W. Životnost se pohybuje v rozmezí 16000 až 28000 hodin.<sup>27</sup>



*Obrázek číslo 12. Spektrum vyzařování sodíkové výbojky*

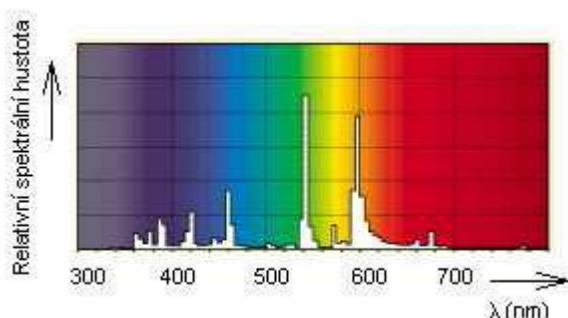
### 5.3.7 Halogenidové výbojky

Většinou se plní směsí dusíku, argonu, kryptonu a poslední době i xenonem. Používají se i organické sloučeniny bromu. Baňky žárovek, plněné xenonem nečernají. Životnost

<sup>26</sup> KLUB ODBORNÉ PŘIPRAVENOSTI V ELEKTROTECHNICE: Návrh umělého osvětlení vnitřních prostorů II, 1989, s12-13

<sup>27</sup> CHALUPSKÝ, L.: 100 x o umělém osvětlení. Praha. 1989. s. 57-58.

halogenových žárovek je přibližně 2000 – 3000h. Měrný výkon je jen o málo vyšší než u obyčejných žárovek.<sup>28</sup>



Obrázek číslo 13. Spektrum vyzařování halogenidové výbojky

### 5.3.8 Luminiscenční svítící diody LED

Technologie LED je technologie založená na polovodičové diodě vyzařující světlo. Mimo vysokou účinnost je za hlavní teoretickou výhodu považována dlouhá životnost. Výrobci neudávají vyšší číslo jak padesát tisíc hodin, většinou cca třicet tisíc hodin. LED diody navíc oproti výbojkám a zářivkám neobsahují rtuť. Vyzařují viditelné světlo v úzkém spektru barev a používají se v široké řadě aplikací.<sup>29</sup>

#### Výhody:

- spektrum optického záření s min. UV a IR,
- miniaturní rozměry,
- usměrněný světelný tok,
- možnost stmívání,

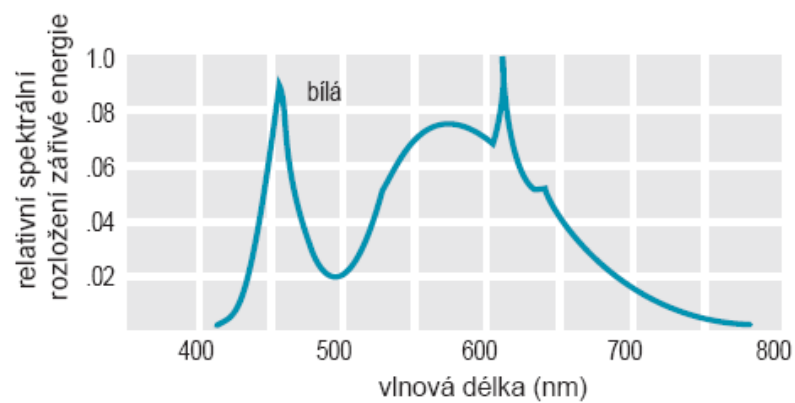
#### Současné nedostatky:

- nízký měrný výkon,
- tepelné ztráty na stabilních členech,
- cena,
- teplotní závislost.<sup>30</sup>

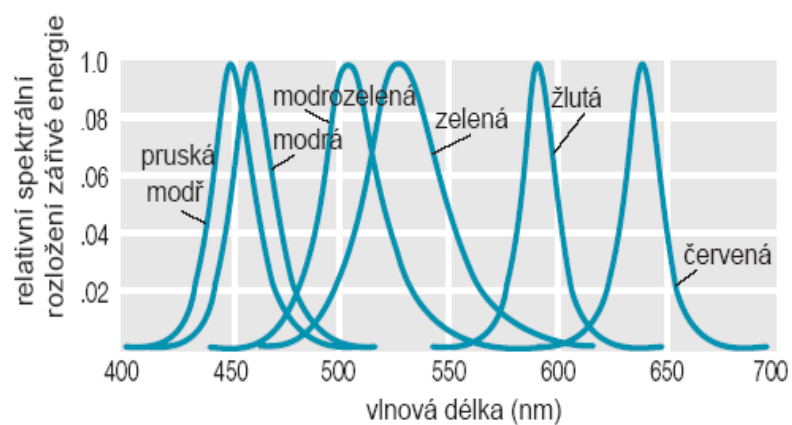
<sup>28</sup>KLUB ODBORNÉ PŘIPRAVENOSTI V ELEKTROTECHNICE: Návrh umělého osvětlení vnitřních prostorů II, 1989, s. 13-14

<sup>29</sup> LED žárovky, osvětlení, [online]. 2010. [cit. 2011-19-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.led-zarovky-osvetleni.cz/vse-o-led/vysvetleni-pojmu/>>

<sup>30</sup> CHALUPSKÝ, L.: 100 x o umělém osvětlení. Praha. 1989. s. 60-62.



*Obrázek číslo 14. Spektrální průběh bílé LED*



*Obrázek číslo 15. Spektrální průběh barevných LED*



## 6. Hygiena osvětlení

Světelné prostředí musí vytvořit podmínky pro zrakovou pohodu, kterým je příjemný a příznivý psychofyzilogický stav organismu, vyvolaný optickou situací vnějšího prostředí. Zrakovou pohodu ovlivňuje nejen kvalita a kvantita osvětlení, ale i psychické ladění organismu, stav zraku, věk, únava a barevné řešení prostoru. Pro dobré vidění je třeba zajistit především dostatečnou intenzitu osvětlení, jas, přiměřený kontrast (poměr nejvíce a nejhůře osvětlených ploch v zorném poli), poměr jasů pozorovaných předmětů a jejich detailů, rozložení jasů a barvu světla. Nevyhovujícím osvětlením může být vyvolána zraková únava.<sup>31</sup>

### 6.1 Porovnání technických parametrů u vybraných světelných zdrojů pro výstavní prostory

PARAMETR	TYP SVĚTELNÉHO ZDROJE		
	Halogenová žárovka	Lineární zářivka	LED
Výkon (W)	10 – 300	14 - 80	0,1 – 80
Světelný tok (lm)	140 – 5 000	1 100 – 6 150	2 – 5.500
Měrný výkon (lm/W)	14 - 20	80 - 95	20 - 90
Teplota chromatičnosti (K)	3 000	2 700 – 8 000	3 000 – 8000
Index barevného podání Ra (-)	100	80 - 98	70 - 98
Doba života (h)	2 000 – 4 000	12 000 – 16 000	100 000
Podíl UV záření (mW/lm)	40 - 170	30 - 100	< 5

*Tabulka číslo 5 Přehled parametrů světelných zdrojů pro výstavní prostory*

<sup>31</sup> MONZER, L.: Osvětlení a svítidla v bytech, 1986. s. 50

## 6.2 Zásady umělého osvětlení

### 6.2.1 Rovnoměrnost osvětlení

Osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Rovnoměrnost osvětlení, jako poměr minimální a průměrné osvětlenosti na místě úkolu, musí být  $\leq 0,7$ .<sup>32</sup>

### 6.2.2 Oslnění

Omezení rušivého oslnění umělou osvětlovací soustavou se kontroluje výpočtem s použitím vzorce pro UGR.

### 6.2.3 Normy

České technické normy jsou obecně nezávazné, avšak jejich použitím minimalizujeme riziko základní chyby. Vládní nařízení č. 178/2001 Sb. problematiku osvětlení pracovišť neřeší, pouze odkazuje na platné ČSN.<sup>33</sup> Tyto normy se stávají pro oblast hygienického posuzování závaznými. Totéž bude platit pro pobytové místnosti. Přehled platných českých technických norem je vypsán dále:

**ČSN 36 0004:** 1995 *Umělé světlo a osvětlování. Všeobecná ustanovení.* **ČSN 36 0450:**1986 *Umělé osvětlení vnitřních prostorů.* **ČSN 36 0020-1:**1994 *Sdružené osvětlení. Část 1: Základní požadavky.* **ČSN 36 0008:**1962 *Oslnění, jeho hodnocení a zábrana.* **ČSN 36 0011-1:**1995 *Měření osvětlení vnitřních prostorů. Část 1: Základní ustanovení.* **ČSN 36 0011-3:**1995 *Měření osvětlení vnitřních prostorů. Část 3: Měření umělého osvětlení.*<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> KLUB ODBORNÉ PŘIPRAVENOSTI V ELEKTROTECHNICE: Návrh umělého osvětlení vnitřních prostorů II, 1989, s. 54-55

<sup>33</sup> SVĚTLO, nové normy pro osvětlení, [online]. 2008. [cit. 2011-24-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=37965](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37965)>

<sup>34</sup> PŘIBÁŇOVÁ, H.: Umělé osvětlení vnitřního prostředí.[online]. 2003. [cit. 2011-24-03]. Dostupné na WWW:

<<http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostred>>

## 6.3 Osvětlení obchodů s oblečením

### 6.3.1 Celkové osvětlení obchodu

Pro prodejní prostory se doporučuje osvětlenost  $\bar{E}_m$  300- 500lx. Zvolený typ světelného zdroje nesmí oslňovat a působit rušivě, ale naopak musí vytvářet vhodné optické rozložení svítivosti pro pracovní prostory. Energetické parametry svítidla se světlem teploty chromatičnosti by se měla pohybovat 3 000 nebo 4 000 K s hodnotami rušivého omezení  $UGR_L$  22 a index barevného podání  $R_a$  80.<sup>35</sup>

Na obrázku níže je vyobrazený příklad špatné osvětlenosti. Obchod je přесvícený a zvolený typ svítidla příliš oslňuje.



*Obrázek číslo 16. Neadekvátní nasvětlení obchodu*

### 6.3.2 Osvětlení výkladních skříní a vitrín

Navrhované řešení umělého osvětlení má velký význam pro dobrou viditelnost a prodejnost vystavovaného zboží. Osvětlení výloh má mít scénický charakter s akcentujícími složkami, tj. celkové osvětlení s gradací světla na významnější plochy a vybrané detaily. Doporučuje se osvětlenost 1 000 až 2 000 lx.<sup>36</sup> Některé druhy zboží

---

<sup>35</sup> SVĚTLO, Osvětlení obchodů Marks & Spencer. [online]. 2006. [cit. 2011-22-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=35905](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35905)>

<sup>36</sup> PRE, Praktické aplikace osvětlení, [online]. 2008. [cit. 2011-18-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/uspory-ve-firmach/osvetleni/prakticke-aplikace-osvetleni.html#obchody>>

vyžadují světlem vytvořit jejich třpyt. Barevný tón světla má být neutrální bílý či teple bílý.<sup>37</sup> Příklad optimálního rozvržení osvětlení obchodu M&S



*Obrázek číslo 17. Adekvátní osvětlenost obchodu*

### 6.3.3 Pokladní prostory

U tohoto typu prostoru by se hodnota osvětlenosti měla pohybovat kolem 500 lx. Pro hodnotu rušivého omezení platí  $UGR_L$  19 a barevný index by měl mít adekvátní podání  $R_a$  80.

### 6.3.4 Uličky s obsluhou (osvětlenost podlah)

Důležitým faktorem u této oblasti je především materiál, který je použit na pokrývku podlahy, jeho barva a hodnota jeho odlesku. Standardy osvětlenosti  $\bar{E}_m$ , jsou v tomto případě 150 lx, velikost rušivého omezení  $UGR_L$  22 a index barevného podání  $R_a$  60.<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> STRATEGIE CZ, Výkladní skříně. [online]. 2007. [cit. 2011-15-03]. Dostupné na WWW: <<http://strategie.e15.cz/zurnal/vykladni-skrine-budiz-svetlo>>

<sup>38</sup> PHILIPS, Osvětlení obchodů. [online]. 2004. [cit. 2011-19-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.lighting.philips.cz/application\\_areas/index.wpd](http://www.lighting.philips.cz/application_areas/index.wpd)>

## 7. Filozofie obchodu Marks & Spencer

Vodítkem pro návrh osvětlení byly požadavky investora a architektů na celkový vzhled prodejny, jeho originalitu, světelnou pohodu a rovněž na tvary a provedení jednotlivých svítidel. Velký důraz byl kladen na požadovanou intenzitu osvětlení jednotlivých ploch, rovnoměrnost osvětlení na jedné straně a jeho přiměřenou dynamičnost na straně druhé. Nezanedbatelným kritériem bylo také věrné podání barev, ochrana před poškozujícími účinky světla, ale i celková ekonomičnost provozu osvětlovacích soustav. Proto byla zvolena svítidla a světelné zdroje od renomovaných výrobců, především od firem Ruco Licht a Ansorg, kterou Horizont v České republice zastupuje. Tento výrobce již několik let patří mezi uznávanou špičku ohledně svítidel pro osvětlení komerčních objektů.<sup>39</sup>

### 7.1 Prodejní plochy

V novějších obchodech byly na zakázku firmou Ruco Licht vyrobeny kontinuální světelné kanály probíhající napříč celou prodejnou. Svíticí pásy jsou konstruovány tak, aby vytvářely dojem spojitě svítící linie bez patrných návazností jednotlivých světelných zdrojů. Těmi jsou v tomto případě moderní zářivky T5 s elektronickými předřadníky. Polykarbonát, který zakrývá světelné kanály, má vedle zajímavého vzhledu také vynikající vlastnosti ohledně rozptylu světla a jeho propustnosti.

M&S Melantrich, vstupní pasáž ke zvýrazňujícímu osvětlení prodejních stojanů, obvodových stěn, výloh a exponovaných výstavních míst jsou převážně použita vestavná svítidla osazená halogenidovými výbojkami s UV filtrem a možností směřování.

---

<sup>39</sup>MARKS & SPENCER: O společnosti. [online]. 2007. [cit. 2011-19-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.marks-and-spencer.cz/o-spolecnosti/>>



*Obrázek číslo 18. Nasvícení prodejní plochy*

Prostorové stojany osvětlují svítidla **Cardo CLG** a **Punta** s různě širokými vyzařovacími charakteristikami a s možností natočení ve dvou osách. V atriu se skleněnou střechou v přízemí Melantrichu je nahradila svítidla **Boxx** na zavěšených tříokruhových napájecích lištách. Konstrukce optiky těchto svítidel umožňuje plynule měnit rozložení svítivosti, a stejné svítidlo je tak možné použít jako bodové nebo pro osvětlení větší plochy.

Pro důležité osvětlení výloh jsou využita kompaktní svítidla **Brick** na tříokruhových přisazených napájecích lištách montovaných na strop těsně za výkladem a dále boční osvětlení svítidly **Lucent**. Obě svítidla jsou osazena 70W halogenidovými výbojkami.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup>MARKS & SPENCER: O společnosti. [online]. 2007. [cit. 2011-19-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.marks-and-spencer.cz/press-office/id-117/>>

## 8. PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části je obsaženo několik studií, které se přímo zaměřují na rozsah problému metamerie. Aby bylo zjištěno, zda metamerie představuje skutečný problém, který ovlivňuje prodejnost určitých výrobků, byl zpracován výzkum zasahující do několika oblastí.

Jak bylo popsáno již v teoretické části, metamerie vzniká různým umělým osvětlením. K tomu, aby se zjistilo, které světelné zdroje se v textilních podnicích používají nejen k stropnímu, ale i místnímu nasvícení, musel se v této oblasti provést podrobný výzkum. Výběr byl zaměřen na textilní obchody prodávající outdoorové oblečení a obuv. U tohoto druhu oblečení a venkovní obuvi se nejvíce projevují viditelné změny barevného podání pod umělým a denním světlem.

Tento výzkum měl několik cílů. Prvním bylo plošné stanovení měst v České Republice, ve kterých bude studie probíhat a zároveň stanovení firem, ze kterých se bude vycházet. Výsledkem bylo, že výzkum probíhal v devíti městech, kterými byly Praha, Plzeň, Liberec, Hradec Králové, Olomouc, Ostrava, Brno, České Budějovice, Pardubice. V těchto městech byly vybrány obchody: Marks & Spencer, C&A, Alpine Pro, Bushman, Hannah, H&M, Humanic, Nord Blanc, Kenvelo, Newyorker, Orsey, s. OLIVER, ADIDAS, Hervis, Deichmann a Baťa.

V tomto výzkumu se autorka zaměřovala na dvě hlavní kritéria.

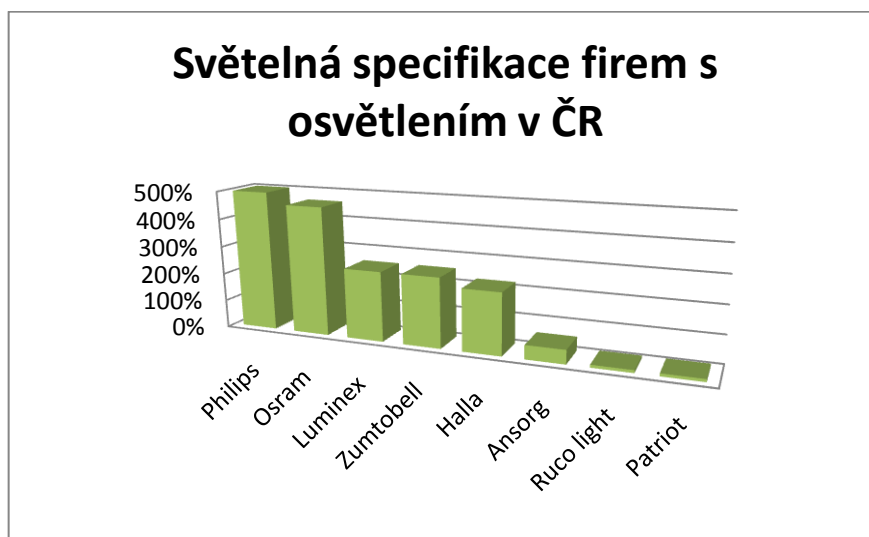
Základním bylo získat a vypracovat podrobnou studii ze všech podniků o konkrétním používání osvětlovacího zdroje stejnými výrobci. Další srovnání pokračovalo tím, které firmy s osvětlovací technikou se na českém trhu objevují.

Výzkum probíhal převážně ve velkých podnikových systémech, kterým bylo např. Tesco, Olympia, Nisa atd. Vyhodnocení informací vedlo k rozdělení testovaných obchodů na dvě skupiny. A to na skupinu používající techniku osvětlení od stejného výrobce (popř. výrobců) a na skupinu, která tento systém neupřednostňovala. Výsledkem jsou dvě studie popsané dále.

## 8.1 Studie zastoupení výrobců osvětlovací techniky

Tato studie ukazuje, že se na českém trhu používají světelné zdroje převážně zahraničních výrobců. Z grafu číslo 2. je patrné, že na prvních místech jsou zastoupeny dva hlavní výrobci světelné techniky společnosti Philips a Osram.

V přehledu jsou výrobci osvětlovací techniky, kteří dodávají výrobky na náš trh:

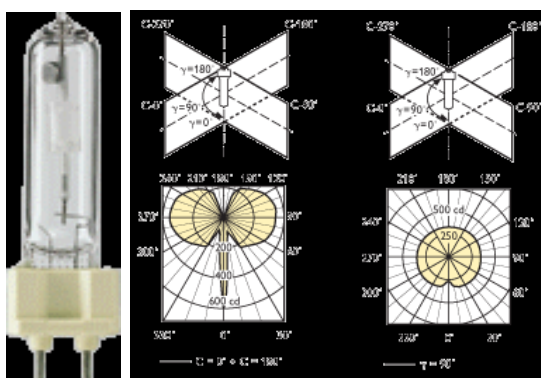


*Graf číslo 2. Světelná specifikace firem s osvětlením v ČR*

### Společnost Philips

Tato společnost nabízí širokou škálu osvětlovací techniky. Zde je několik příkladů světelných zdrojů, které jsou určeny do obchodů s textilním zbožím:

- Výbojka Master Colour CDM-T 35W/830/842 G12, poloha svícení normální



*Obrázek číslo 19. Master colour a poloha svícení*



Jedná se o jednu z řady kompaktních výbojek s třpytivým světlem a stabilní barvou světla po celou dobu životnosti. Může se instalovat např. v obchodech do výloh.

- **Halogenová žárovka Smartspot 35W, 230V G53, 2700K, 4000h**

Použití: výlohy, osvětlení výloh.



*Obrázek číslo 20. Smartspot*

- **Halogenová žárovka Halospot 111 35W (50W) 12V G53, 3000K, 4000h**  
použití: místní nasvícení



*Obrázek číslo 21. Halospot*

- **LED světelný zdroj Master Led bulb 40W B22, 2700K, 230.**  
použití: celkové osvětlení



*Obrázek číslo 22. Master*

- **Rtuťová výbojka CDM-TD 150W , použití: hlavní osvětlení obchodu**
- **Sodíková výbojka MHN- 150W, použití: hlavní osvětlení obchodu**
- **Halogenová žárovka Lliho Par Halogen 50W, 230V, 2800K**  
použití: hlavní nasvícení obchodu



*Obrázek číslo23. Lliho Par*

- **Halogenová žárovka Soprano halogen QCN690 230,12V, 830**  
použití: bodové nasvícení



*Obrázek číslo24. Soprano*

## **Společnost Osram**

Tato společnost představuje vynikající světelné podání výrobků, které vyváží do celého světa již sto let. Inovativní žárovky otevírají zákazníkům mnohé perspektivy moderního, lákavějšího a prodej podněcujícího osvětlení. Zde je příklad několika zdrojů osvětlení:

- **Keramická výbojka HCI-T 70/942 NDL PB**  
použití: osvětlení výloh
- **Keramická výbojka HCI-T 150/942 NDL PB**  
použití: osvětlení převlékacích kabin
- **Halogenová žárovka HALOSPOT 111 ECO 60W 12V 4000 3000K G53**  
použití: místní nasvícení



*Obrázek číslo25. Halospot*

- **Metal Halogenová výbojka HCI-TS 250/830 WDL MD PB, 3000K**  
použití: nasvícení obchodů, výloh



*Obrázek číslo 26. HCI-TS*

- **Halospot** AR48 20 W 24 V – 1,000 h; AR48 20 W 12 V – 2,000 h  
použití: celkové nasvícení obchodu



*Obrázek číslo 27. Halospot*

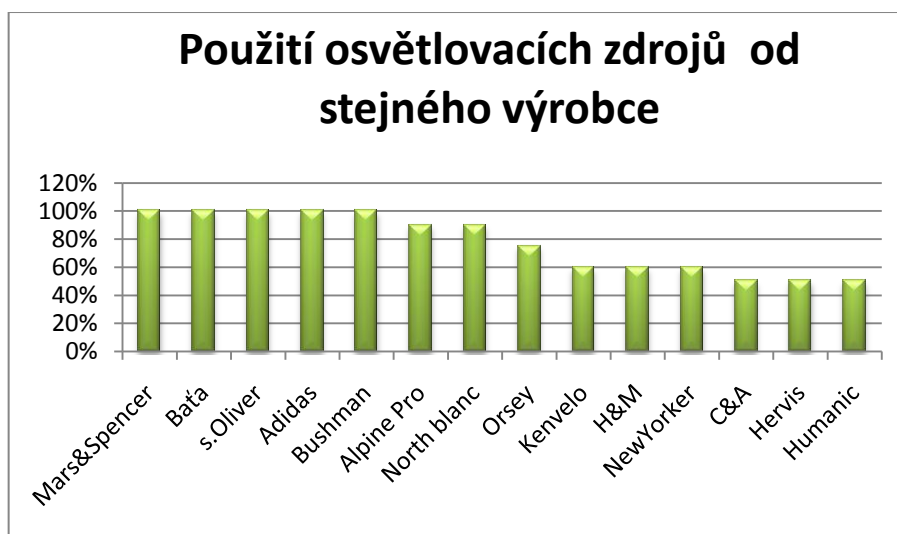
Mezi další dodavatele, kteří ve větším měřítku působí na českém trhu, jsou obchodní firmy **Luminex**, **Zumtobell** a **Halla**. Přehled používaných zdrojů zářičů viz příloha.

## 8.2 Studie užívání osvětlovacích zdrojů

Studie procentuálně vyhodnocovala, které obchody používají světelné zdroje od stejných výrobců. Informace byly shromážděny a vyhodnoceny. Výsledným poznatkem bylo, že **57%** firem na českém trhu používá velmi podobnou obchodní strategii ve všech svých obchodech. Tato obchodní strategie se objevila u proslulých a velmi úspěšných firem s dlouhou tradicí. Firmy se snaží budit v zákazníkovi stále stejný příjemný pocit, tudíž používají světelné zdroje s velmi dobrým světelným podáním. Z toho vyplývá i velmi vhodné nasvícení prodáváných předmětů. Stále stejná navozující atmosféra příznivě působí na potenciální kupující.

Ostatními **43%** je tvořeno firmami, které instalují světelné zdroje od více výrobců, s různým barevným podáním a mnohdy nesourodou svítivostí. U těchto typů obchodů se při výzkumu prokázalo neadekvátní nasvícení zejména prodejních pultů. Zaměstnancům, kteří pracují pod těmito světly, způsobují pokles pracovního výkonu. Z důvodu nevhodného spektrálního složení a nedodržování hygienických předpisů. V častých případech se příznaky projevují bolestí hlavy a očí. Tyto obchody i přesto mohou působit na kupujícího velmi uceleným a příjemným dojmem, protože doba jeho trvání je omezena na krátkou dobu.

Zobrazený graf představuje obrazové zpracování popsaných firem:



*Graf číslo 3 použití osvětlovacích zdrojů od stejného výrobce*

Jedním z důvodů, proč se v tyto firmy dělí na dvě skupiny je ten, že první skupinu vytvoří rozsáhlý a úplný koncept s vyššími počátečními náklady, díky kterým počítají s návratností v několika letech. Druhá skupina stanoví náklady nižší úrovně, aby co nejvíce snížila míru ztrátovosti, a soustředí se na prodej výrobků s příznivější cenovou relací.

## 9. Studie vizuálního hodnocení barevných odchylek u metamerních párů

Dalším postupem, jak zjistit míru vnímání metamerie zákazníkem, byla provedena analýza skládající se z několika testů. Testy postupně vykonávalo jedenáct pozorovatelů.

### 9.1 Farnsworth-Munsell 100 Hue test

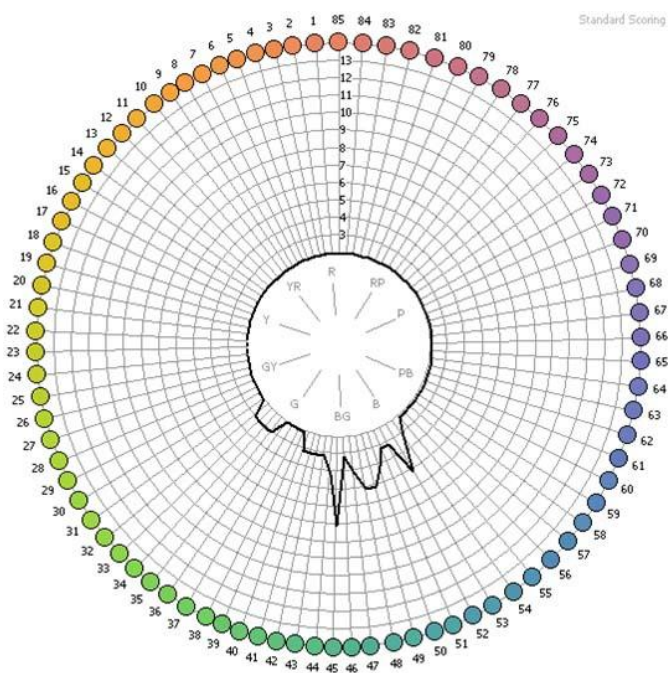
U pozorovatelů byl proveden Farnsworth-Munsell 100 Hue test, který analyticky klasifikoval jejich zrak. Pozorovatel měl za úkol srovnat čtyři různobarevné řady. Podmínkou bylo hodnocení v koloristické skříni pod umělým osvětlením D65. Výsledkem tohoto testu byl graf, znázorňující barvocit každého pozorovatele. Obrázek ukazuje barevné řady testu, které hodnotitel srovnával stupňovitě dle odstínu.



*Obrázek číslo 28. Farnsworth-Munsell 100 Hue test*

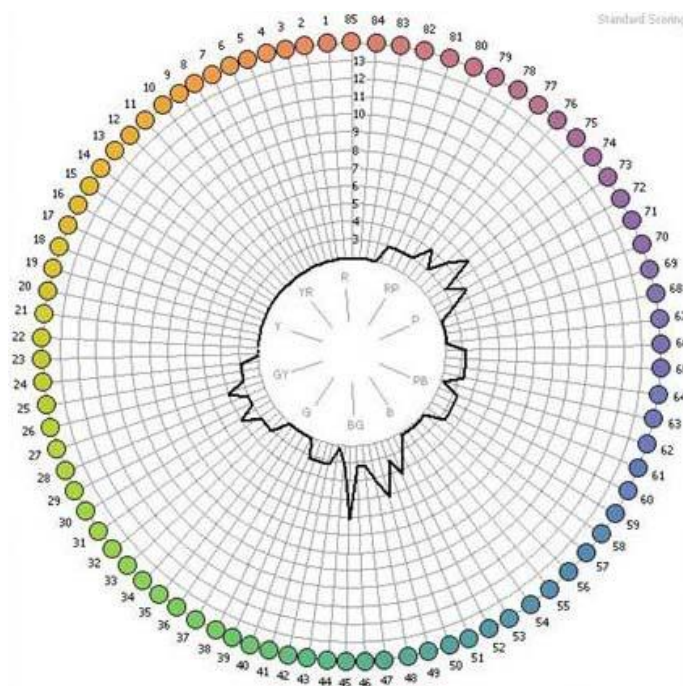
Výsledek grafu byl barevný kruh s očíslovanými odstíny jednotlivých barev. Při záměně pořadí jakéhokoli odstínu, se v grafu vyobrazila křivka, vychylující se přímoúměrně velikosti záměny. I přes mírné odchýlení křivek se vykazalo bezdefektním vidění u všech jedenácti pozorovatelů. Tzn., že informace z vizuálního hodnocení Garnerova testu budou objektivní pro následné vyhodnocení korelačního koeficientu a kritéria STRESS.

Na obrázku níže je uveden příklad grafu složené barevnice s mírnými odchylkami od ideální linie pozorovatelem číslo 7:



Obrázek číslo 29 Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu

Příklad grafu s odchylkami u stejného testu pozorovatelem číslo 8:



Obrázek číslo 30. Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu II.

Hodnoty barvocitu každého pozorovatele a výsledky grafů viz příloha.

## **9.2 Garnerův test vizuálního hodnocení odchylek metamerních párů, pomocí šedé stupnice**

Tento test zahrnoval dodržení několika podmínek pro úspěšné vykonání a jeho správné vyhodnocení. Podmínkou pro pozorování bylo použití koloristické skříně Macbeth The Judge II 0/45°. Tato koloristická skříň umožňovala různé barevné podání čtyř různých světél. Mezi použité osvětlení- simulované denní světlo D65, Cool White, žárovkové světlo A a zářivkové světlo TL84.

### **Další podmínky při vizuálním pozorování:**

- pozorovatel musí být v dobrém fyzickém a psychickém stavu,
- osoba provádějící hodnocení musí být alespoň minimálně proškolená,
- je nutné zajistit správné osvětlení. Spektrální složení musí odpovídat normovaným zdrojům světla,
- hodnocené vzorky musí být dostatečně velké, stabilní a musí se dotýkat,
- je nutné zachovat natočení vzorků,
- pozorovatel musí mít dostatek času k posudku,
- pozorování je nutno provádět při achromatickém definovaném pozadí,
- úhel pozorování musí být konstantní.

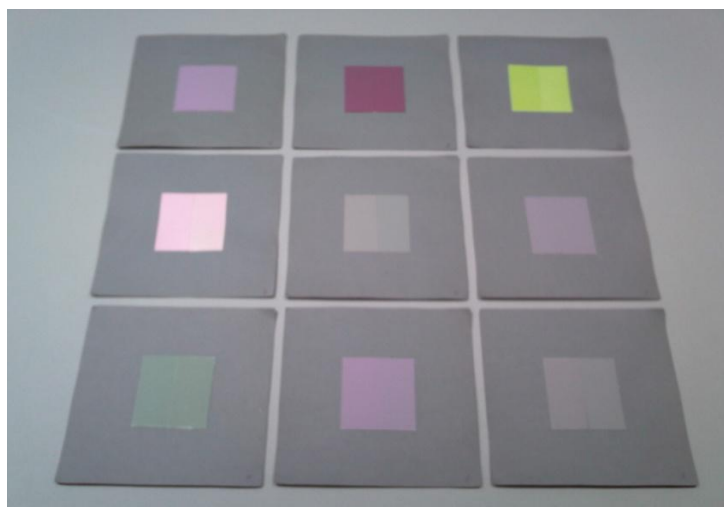
### **Šedá stupnice:**

- šedá stupnice je přesně kolorimetricky stanovena rozdílnou světlostí šedých stupňů,
- základní pětistupňová stupnice sestává z pěti párů matných destiček šedé barvy odpovídají stupňům stálosti 5, 4, 3, 2 a 1 a jejich půlstupňovým hodnotám,
- každý pár představuje vzrůstající rozdíl, nebo barevný rozdíl, který je definován kolorimetricky.

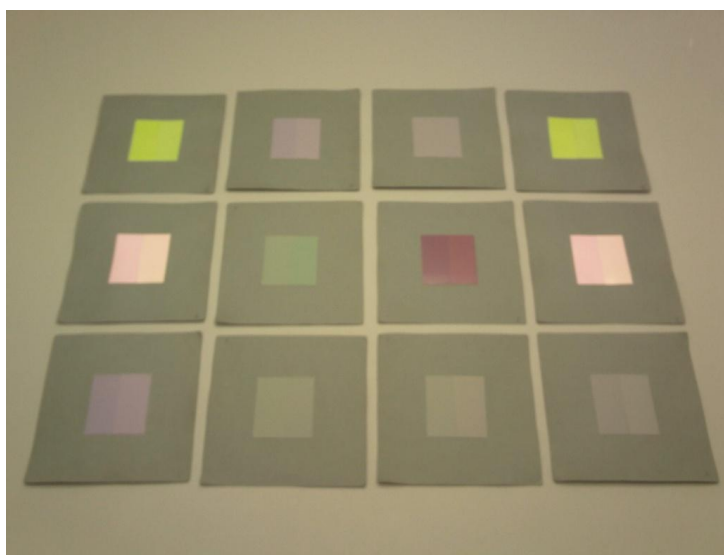
## **9.3 Hodnocení testu**

Jak již bylo zmíněno, každé světlo má různé spektrální složení, které podle toho ovlivňuje zabarvení dichromatických barevných párů. Pozorovatel měl za úkol u těchto

dvanácti vzorků vyhodnotit míru metamerní odchylky dle šedé stupnice, pod čtyřmi různými světly. Pod normalizovaným osvětlením D65, který odpovídá spektrálnímu složení denního světla s ekvivalentní teplotou chromatičnosti zdroje D65 je  $T_{CE} = 6\,504$  K. TL84 představující tzv. teplou bílou zářivku Philips TL84 o náhradní teplotě chromatičnosti TCP = 4 000 K. Žárovkovým osvětlením A, s teplotou chromatičnosti zdroje TC = 2 856 K a zářivkové osvětlení teplé bílé barvy COOL WHITE Fluorescent. Příklad vizuálního rozdílu s měnícím se spektrálním složením různých světel zobrazují obrázky níže.



*Obrázek číslo 31. Vzorky podosvětlením D65*



*Obrázek číslo 32. Vzorky pod osvětlením COOL WHITE*



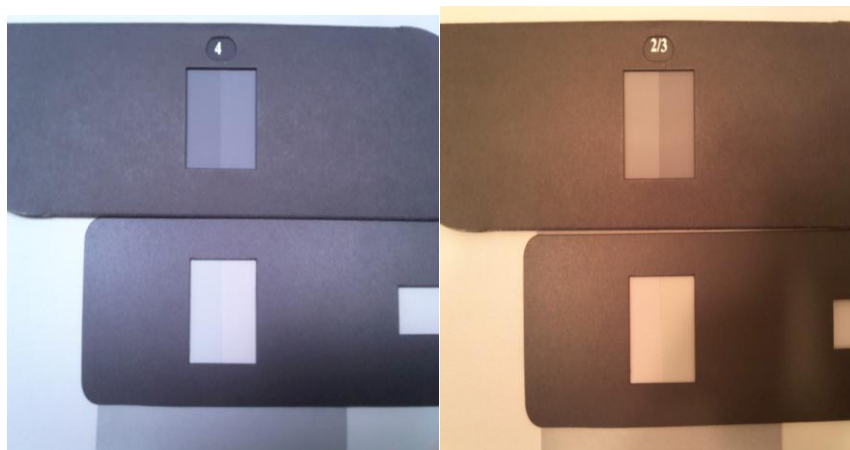


*Obrázek číslo 33. Vzorky pod osvětlením TL84*



*Obrázek číslo34. Vzorky pod osvětlením A*

Na obrázku je znázorněn příklad hodnocení dle šedé stupnice pod D65 a pod A.



*Obrázek číslo 35. Rozdílná metamerie pod světly D65 a A*

## 10. Vyhodnocení dat pozorovatelů Farnsworth-Munsell 100 Hue testu

Všechna data budou počítána pomocí diferenčních rovnic. Výsledek určí, jak věrohodný pozorovatele je, z hlediska stability a zda jeho hodnoty nejsou vybočující od skupiny ostatních pozorovatelů. Zpracování neobjektivních dat, by vedlo k nepřesnému vyhodnocení.

### 10.1 Vyhodnocení pozorovatelů z hlediska osobní stability hodnocení

Postupu je následující:

- Jednoduchý výběrový korelační koeficient  $r$  je relativní mírou korelovatelnosti-lineární závislosti náhodných veličin  $\Delta V_i$  a  $\Delta E_i$ , kde  $\Delta V_i$  je  $i$ -tá vizuálně hodnocená barevná diference a  $\Delta E_i$  je  $i$ -tá barevná diference vypočtená podle hodnocení diferenční rovnice. Jednoduchý výběrový korelační koeficient  $r$  nabývá hodnot od -1 do 1 podle stupně lineární závislosti. Krajních hodnot nabývá v případě, že vztah mezi veličinami má funkční charakter a je tedy vzájemně jednoznačný. Znaménko korelačního koeficientu je pouze vyjádřením přímé (+), nebo nepřímé (-) závislosti.

$$r = \frac{n(\sum \Delta V_i \Delta E_i) - \sum \Delta V_i \sum \Delta E_i}{\sqrt{[n \sum \Delta V_i^2 - (\sum \Delta V_i)^2] \cdot [n \sum \Delta E_i^2 - (\sum \Delta E_i)^2]}}$$

- Dalším použitým kritériem je kritérium STANDARDIZED RESIDUAL SUM OF SQUARES – *STRESS*. Toto kritérium zavedla mezinárodní komise pro světlování CIE pro hodnocení predikčních schopností rovnic pro výpočty barevných rozdílů. Je založeno na T-statistice. Jedná se o tzv. standardizovanou reziduální sumu čtverců. Platí, že čím nižší je *STRESS* hodnota, tím vyšší je shoda mezi individuálním a ideálním posudkem.

$$STRESS = \sqrt{\frac{\sum w_i (\Delta E_i - f \Delta V_i)^2}{\sum w_i (f \Delta V_i)^2}}$$

### 10.1.1 Vyhodnocení korelačního koeficientu

Vypočtené hodnoty představují průměry korelačního koeficientu ze všech pěti měření, a to pro každého z pozorovatelů jednotlivě. Výsledkem je, jak si hodnotitel vedl, v rámci vizuální barevné difference a difference vypočtené. Bylo popsáno, že míra mezi dvěma soubory je přijatelná tehdy, pohybují-li se hodnoty od 1 do -1.

Přehled ukazuje, že **nejmenší** hodnotu korelačního koeficientu měli pozorovatelé:

- číslo 4, s průměrem 0,84,
- číslo 5, s průměrem 0,85.

Případ **nejvyšší** hodnoty korelačního koeficientu byl u pozorovatelů:

- číslo 1, s průměrem 0,93,
- číslo 2, s průměrem 0,94.

Ostatní průměry pozorovatelů se pohybovaly od 0,87 do 0,92.

U žádného z pozorovatelů tedy hodnota neklesla pod 0,75. To poukazuje na vysokou spolehlivost hodnocení každého jednotlivce. Zjištěné hodnoty lze tedy brát u všech pozorovatelů za objektivní.

### 10.1.2 Vyhodnocení STRESS faktoru

Stresové hodnoty popisují míru chybovosti (odchylky), kterou hodnotící vykazuje při posuzování v jednotlivých dnech. Čím vyšší je faktor stresovosti, tím méně jsou získané hodnoty pozorovatelů objektivní. To znamená, že kdyby pozorovatel hodnotil každý den stejně, stress faktor by vykazoval hodnotu 0.

Případ **nejnižšího** stress faktoru byl vypočítán u pozorovatelů:

- číslo 11, s průměrem stressu 17,72,
- číslo 9, s průměrem stressu 20,09.

Případ **nejvyššího** stress faktoru byl vypočítán u pozorovatelů:

- číslo 5, s průměrem 28,64,
- číslo 10, s průměrem 26,29.

Do poslední skupiny se řadí pozorovatelé s čísly 1,2,3,4,6,7 a 8, u kterých se průměr stresovosti pohyboval v relativně malém rozpětí od 21,25 do 24,63.

V tabulce jsou uvedené průměrné hodnoty **KORELAČNÍHO FAKTORU** a **STRESS FAKTORU** jednotlivých pozorovatelů:

<b>POZOROVATEL</b>	<b>COQ</b>	<b>STRESS</b>
<b>č. 1</b>	<b>0,93</b>	<b>22,29</b>
<b>č. 2</b>	<b>0,94</b>	<b>22,51</b>
<b>č. 3</b>	<b>0,89</b>	<b>21,25</b>
<b>č. 4</b>	<b>0,88</b>	<b>24,63</b>
<b>č. 5</b>	<b>0,85</b>	<b>28,64</b>
<b>č. 6</b>	<b>0,90</b>	<b>21,65</b>
<b>č. 7</b>	<b>0,87</b>	<b>23,78</b>
<b>č. 8</b>	<b>0,89</b>	<b>24,16</b>
<b>č. 9</b>	<b>0,90</b>	<b>20,09</b>
<b>č. 10</b>	<b>0,84</b>	<b>26,29</b>
<b>č. 11</b>	<b>0,92</b>	<b>17,72</b>

*Tabulka číslo 6. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress*

Data v případě korelačního koeficientu a stress faktoru jsou objektivní, i přes vyšší hodnoty stress faktoru u některých s pozorovatelů, pro následné hodnocení kritérií **VISUAL INTER**. Musí se však brát v úvahu možné odchylky, vzhledem k nestejným hodnotám některých z pozorovatelů.

## 10.2 Vyhodnocení pozorovatelů z hlediska kompatibility ve skupině

Tabulka obsahuje přehled průměrů korelačního koeficientu a stress faktoru, v porovnání pozorovatelů mezi sebou. Toto posouzení je důležité právě pro zjištění „vybočujících“ pozorovatelů. Pokud by tito pozorovatelé byli zahrnuti i do výsledného průměru, došlo by k „zkreslení“ závěru.

### 10.2.1 Vyhodnocení korelačního koeficientu

**Nejnižší** hodnoty korelačního koeficientu pozorovatelné u hodnotících:

- číslo 5, s průměrem 0,82,
- číslo 8, s průměrem 0,87,
- číslo 10, s průměrem také 0,87.

Hodnoty s **nejvyšším** korelačním stupněm měli pozorovatelé:

- číslo 7, s průměrem 0,94,
- číslo 9, s průměrem 0,94.

Hodnoty ostatní pozorovatelů se pohybovaly od 0,91 do 0,93.

I v tomto případě nedošlo k poklesu hodnot pod hranici 0,75. Avšak pozorovatel číslo 5, vykazuje velmi nízký průměr korelačního koeficientu od ostatních hodnotících.

### 10.2.2 Vyhodnocení STRESS faktoru

Případ, kdy se stress faktor pohyboval **nejníže**, byl sledován u pozorovatelů:

- číslo 9, s průměrem 15,76,
- číslo 7, s průměrem 16,01,
- číslo 6, s průměrem 16,60,
- číslo 3, s průměrem 17,32.

Případ **nejvyššího** průměru byl sledován u pozorovatelů:

- číslo 2, s průměrem 30,86,

- číslo 5, s průměrem 27,99,
- číslo 8, s průměrem 25,02.

V tabulce jsou uvedené hodnoty průměrů **KORELAČNÍHO FAKTORU** a **STRESS FAKTORU** pozorovatelů ve skupině:

<b>POZOROVATEL</b>	<b>COQ</b>	<b>STRESS</b>
<b>č. 1</b>	<b>0,93</b>	<b>23,09</b>
<b>č. 2</b>	<b>0,91</b>	<b>30,86</b>
<b>č. 3</b>	<b>0,92</b>	<b>17,32</b>
<b>č. 4</b>	<b>0,92</b>	<b>18,43</b>
<b>č. 5</b>	<b>0,82</b>	<b>27,99</b>
<b>č. 6</b>	<b>0,93</b>	<b>16,60</b>
<b>č. 7</b>	<b>0,94</b>	<b>16,01</b>
<b>č. 8</b>	<b>0,87</b>	<b>25,02</b>
<b>č. 9</b>	<b>0,94</b>	<b>15,76</b>
<b>č. 10</b>	<b>0,87</b>	<b>23,41</b>
<b>č. 11</b>	<b>0,92</b>	<b>18,05</b>
<b>SUMA</b>	<b><u>0,91</u></b>	<b><u>21,14</u></b>

*Tabulka číslo 7. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress ve skupině*

Jak již bylo zmíněno, výsledek tohoto testu je hodnocen z průměrů všech jedenácti pozorovatelů. Z popisu je patrné, že někteří pozorovatelé vykazují odchylku, která posunuje výstupní hodnoty, v rámci celé skupiny. Pro objektivní vyhodnocení korelačního koeficientu a míru chybovosti se pozorovatel číslo 2 a 5 přeřadí do jiné skupiny.

### 10.3 Vyhodnocení pozorovatelů z hlediska kompatibility ve skupině II.

Výsledkem je tabulka, která v sobě zahrnuje hodnoty devíti pozorovatelů:

<b>POZOROVATEL</b>	<b>COQ</b>	<b>STRESS</b>
<b>č. 1</b>	<b>0,91</b>	<b>25,92</b>
<b>č. 3</b>	<b>0,94</b>	<b>14,64</b>
<b>č. 4</b>	<b>0,92</b>	<b>18,39</b>
<b>č. 6</b>	<b>0,94</b>	<b>16,55</b>
<b>č. 7</b>	<b>0,93</b>	<b>16,28</b>
<b>č. 8</b>	<b>0,88</b>	<b>24,75</b>
<b>č. 9</b>	<b>0,92</b>	<b>16,45</b>
<b>č. 10</b>	<b>0,91</b>	<b>18,29</b>
<b>č. 11</b>	<b>0,91</b>	<b>17,73</b>
<b>SUMA</b>	<b><u>0,92</u></b>	<b><u>18,78</u></b>

*Tabulka číslo 8. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress ve skupině*

Úpravou se dosáhlo viditelného zlepšení průměru zvýšení korelačního a snížení stresového faktoru. To znamená, že došlo k vyloučení hodnot od pozorovatelů s menším průměrem korelačního faktoru a naopak vysokým stresovým faktorem.

Tabulka znázorňující průměry pozorovatelů tvořící další skupinu:

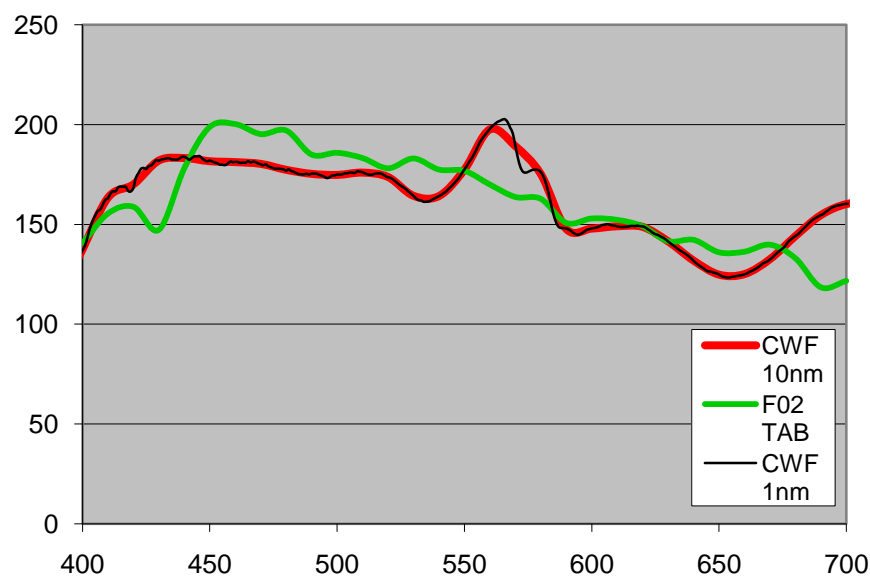
<b>POZOROVATEL</b>	<b>COQ</b>	<b>STRESS</b>
<b>č. 2</b>	<b>0,91</b>	<b>30,86</b>
<b>č. 5</b>	<b>0,82</b>	<b>27,99</b>
<b>SUMA</b>	<b>0,87</b>	<b>29,43</b>

*Tabulka číslo 9. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress ve skupině*



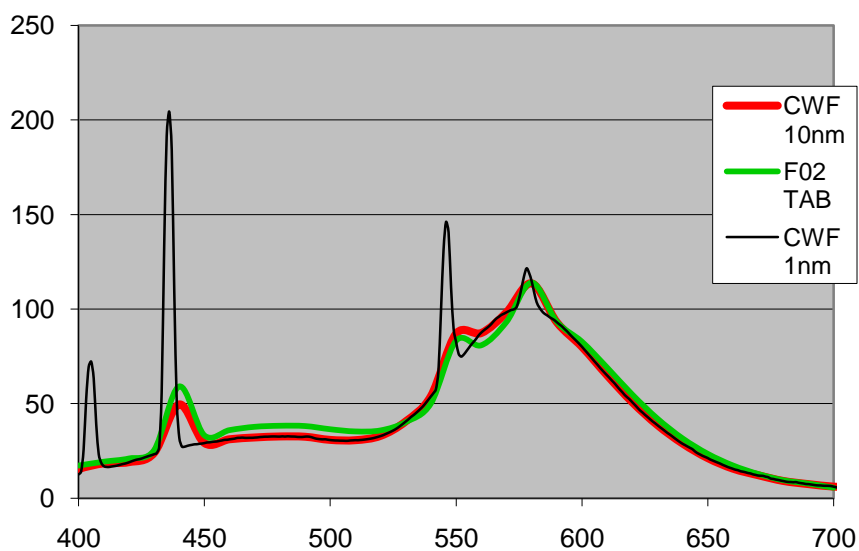
## 11. Porovnání spektrálních křivek pro reálné, normalizované a tabelární hodnoty

### D65



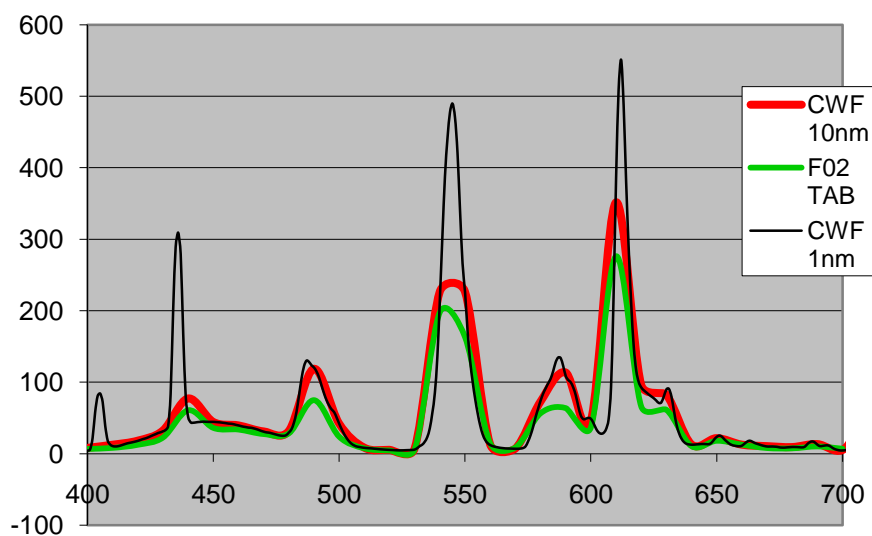
*Graf číslo 4. Spektrální křivky osvětlení D65*

### CWF



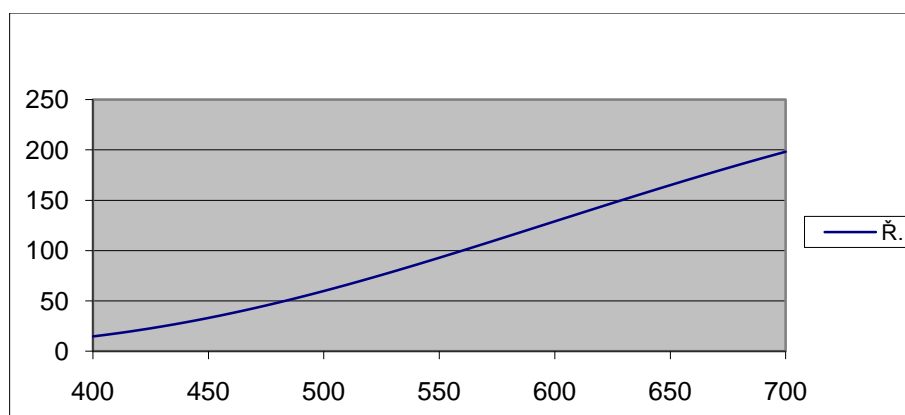
*Graf číslo 5. Spektrální křivky osvětlení COOL WHITE*

## F11(TL84)



Graf číslo 6. Spektrální křivky osvětlení TL84

## A

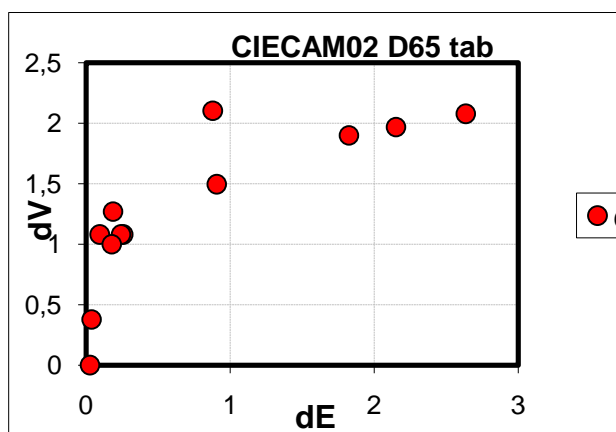


Graf číslo 7. Spektrální křivka osvětlení A

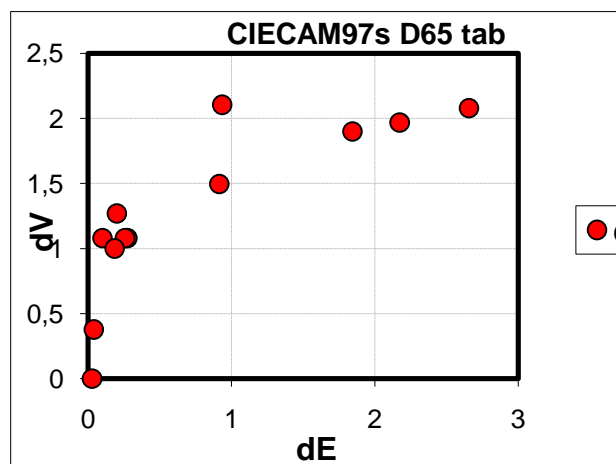
Černá barva vykazuje reálnou křivku s hodnotami měřenými při 1nm. Takto naměřené způsobují vysoké hodnoty v maximech. Červená křivka představuje hodnoty 10 nanometrové. Zelená, je křivkou tabelární.

## 11.1 Posuzování barevného vzhledu v modelech CIECAM02, CIECAM 97s, Nayatani a CIELAB

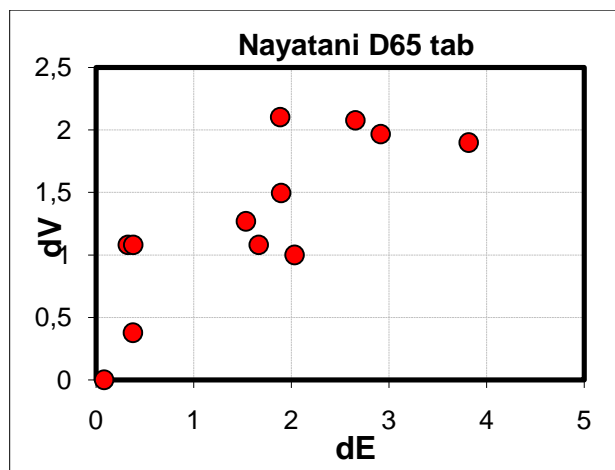
Grafy níže zobrazují režim kompatibility dvanácti metamerních vzorků, posuzovaných pod tabelovým osvětlením D65:



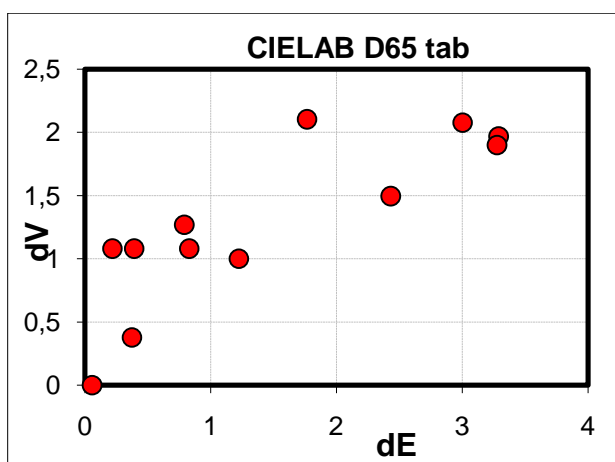
Graf číslo8. Model CIECAM02



Graf číslo9. Model CIECAM97s

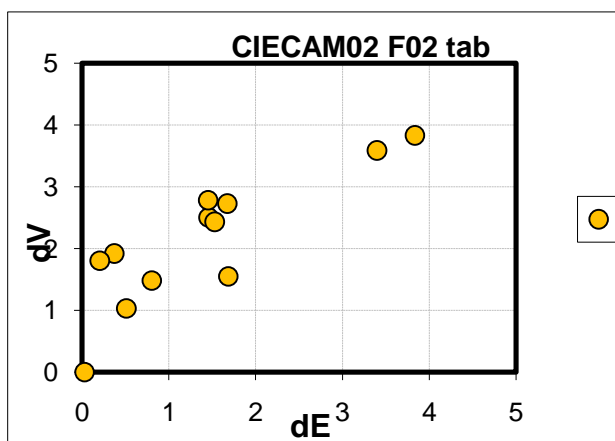


*Graf číslo 10. Model Nayatani*

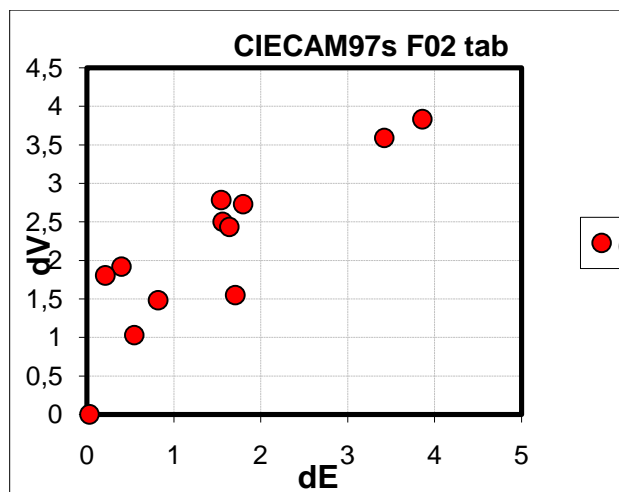


*Graf číslo 11. Model CIELAB*

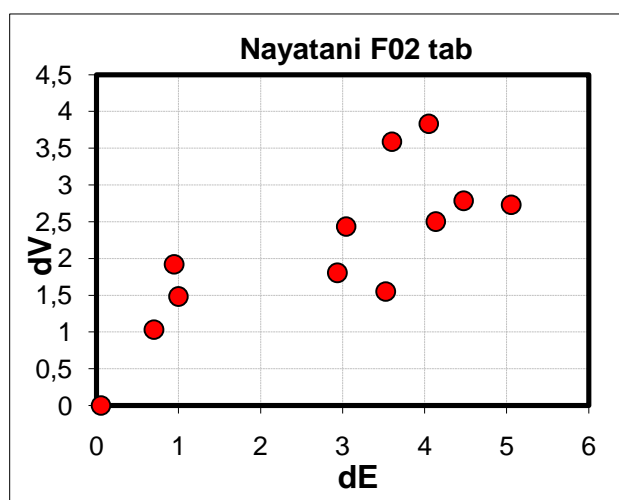
Grafy zobrazují režim kompatibility dvanácti metamerních vzorků, posuzovaných pod tabelovým osvětlením F02:



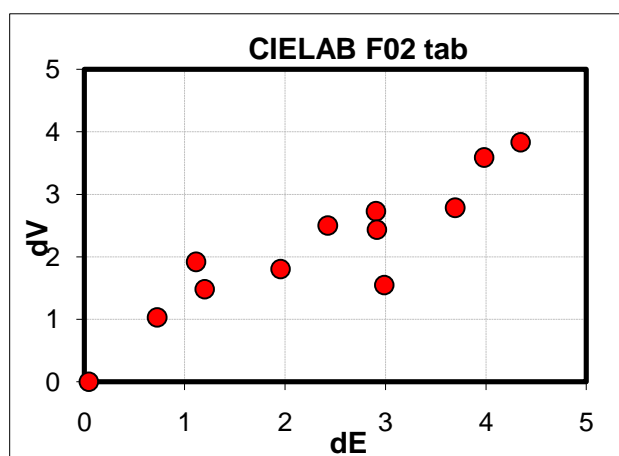
*Graf číslo 12. Model CIECAM02*



*Graf číslo13. Model CIECAM97*

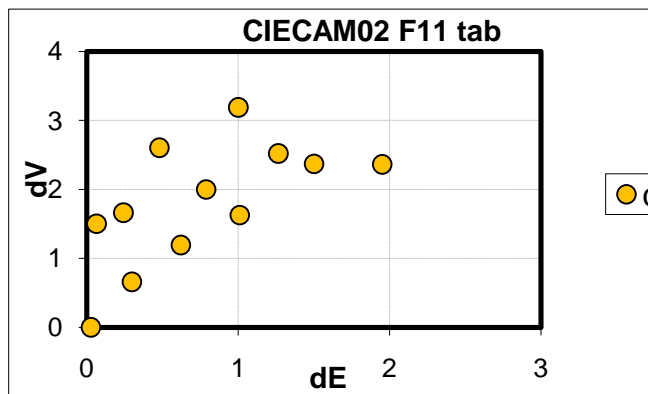


*Graf číslo14. Model Nayatani*

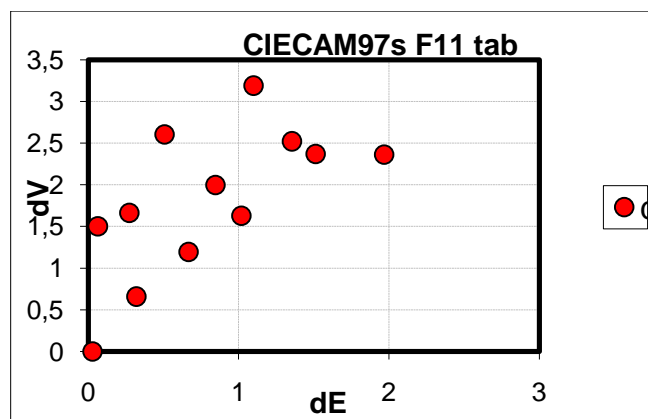


*Graf číslo15. Model CIELAB*

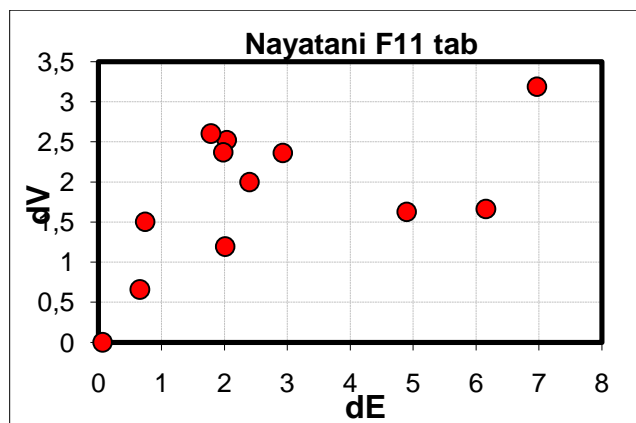
Grafy zobrazují režim kompatibility dvanácti metamerních vzorků, posuzovaných pod tabelovým osvětlením F11:



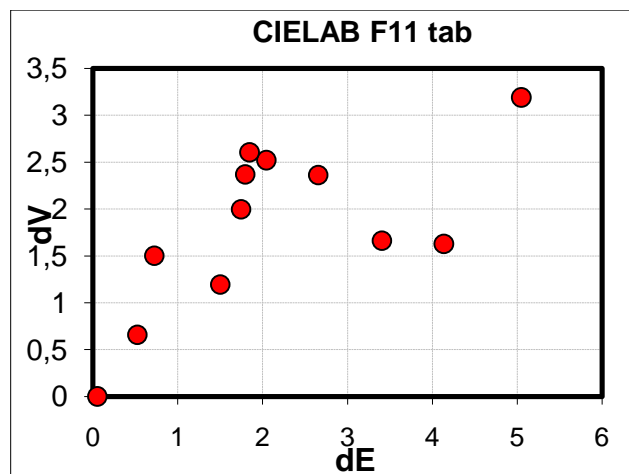
*Graf číslo16. Model CIECAM02*



*Graf číslo17. Model CIECAM97*

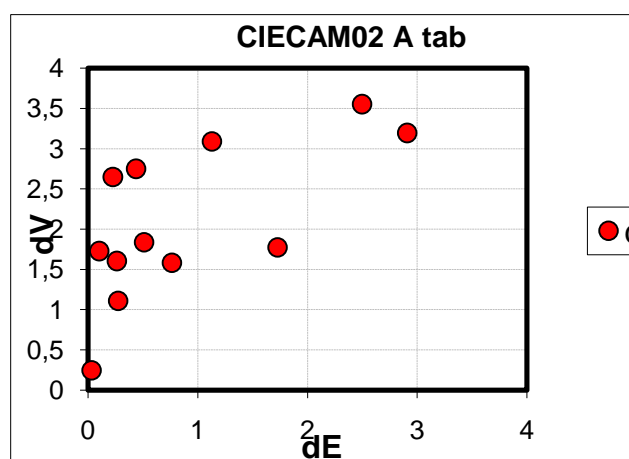


*Graf číslo18. Model Nayatani*

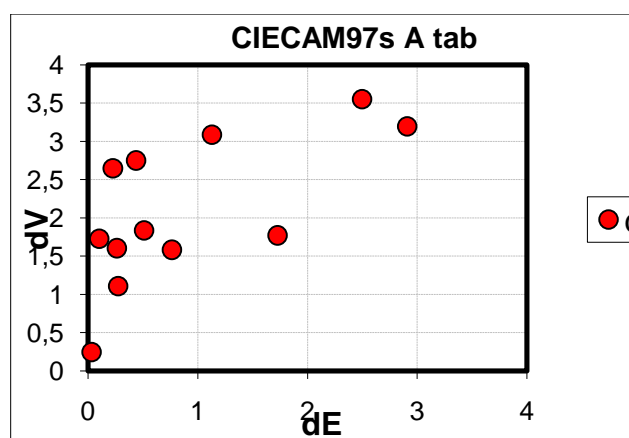


*Graf číslo19. Model CIELAB*

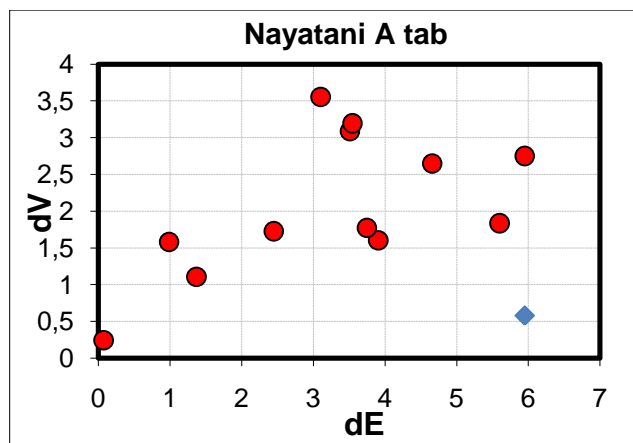
Grafy zobrazují režim kompatibility dvanácti metamerních vzorků, posuzovaných pod tabelovým osvětlením A:



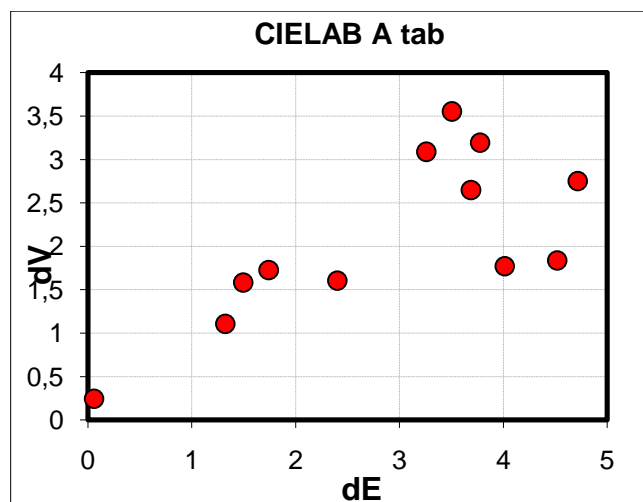
*Graf číslo20. Model CIECAM02*



*Graf číslo19. Model CIECAM97*



*Graf číslo21. Model Nayatani*



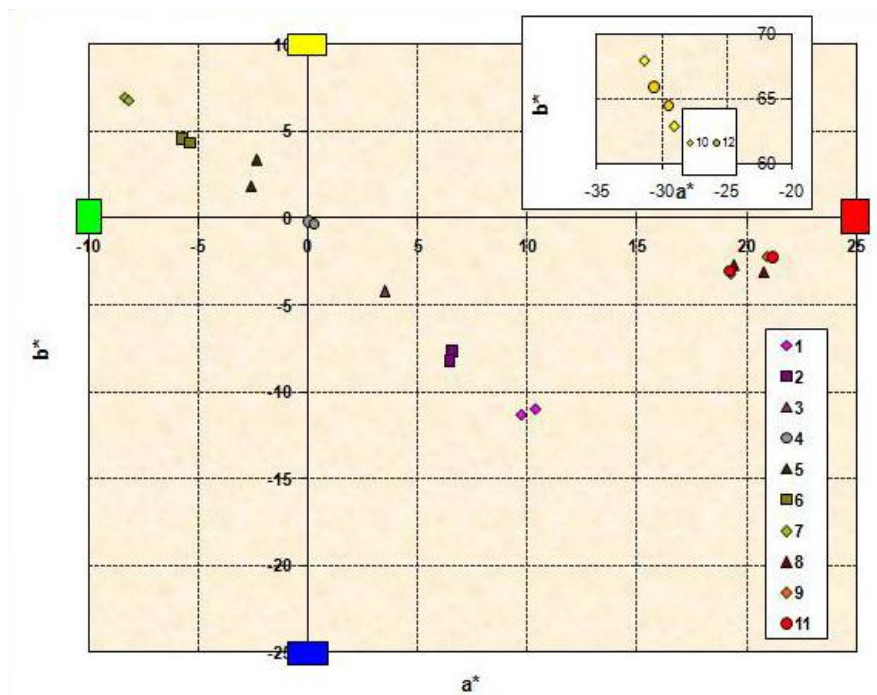
*Graf číslo22. Model CIELAB*

Přehledy grafů počítaných v jednotlivých modulech vykazují pokaždé jiné rozložení hodnot. Jak je vidět, nejmenší odchylku od ideální linie vykazuje model **CIELAB** u všech zdrojů umělého osvětlení.



## 11.2 Grafický přehled jednotlivých hodnocených vzorků v kolorimetrické soustavě CIELAB

Projekce barevných souřadnic testovaných dichromatických vzorků.



Graf číslo 23. Prostorový model CIELAB

Z tohoto grafu se potvrdilo, že vzorek číslo 3. je izomerní. Všechny ostatní vzorky jsou metamerní. Rozsah vzdálenosti metamerního páru ukazuje míru rozdílu v barevném vzhledu vzorku, vyvolaném rozdílem ve spektrální distribuci světelné energie dopadajícího záření. Vzorky číslo 10 a 12 jsou fluorescentní, tudíž se v prostoru CIELAB zcela oddělují od skupiny ostatních testujících vzorků a jejich umístění je ukázáno v doplňujícím grafu.

## 12. Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, jaké spektrální složení by nejvíce eliminovalo vliv metamerie (jev, kdy se dva předměty jeví pod jedním osvětlením lidskému oku stejně a při změně osvětlení je u nich patrný rozdíl) v obchodech s textilním zbožím. Tedy případ vizuálního srovnávání při koupi pod umělým světlem a změnou barevného odstínu pod světlem denním.

Aby bylo zjištěno, zda metamerie představuje skutečný problém, který ovlivňuje prodejnost určitých výrobků, byl zpracován výzkum. Ten ukazuje, v jaké míře obchody dodržují správné zásady v osvětlení a tudíž i rozsah barevné změny.

Výsledným poznatkem bylo, že 57% firem na českém trhu používá velmi podobnou obchodní strategii u všech svých obchodů. Na českém trhu se upřednostňují světelné zdroje převážně zahraničních výrobců. Přední místa zastupují tři hlavní obchodní společnosti se světelnou technikou: Philips, Osram a Zumtobel. Tyto společnosti se přímo zaměřují na výzkum světelných zdrojů, pro tento druh obchodů. Firmy, jako Baťa, Marks&Spencer a s.Oliver instalující světelné zdroje od zmíněných výrobců do svých obchodů a tedy vykazují dobré výsledky v oblasti zkoumaného problému.

Dalším postupem, jak zjistit míru vnímání metamerie zákazníkem, byla provedena analýza skládající se z několika testů. Jedenáct pozorovatelů ve věku dvaadvaceti let s bezdefektním viděním porovnávalo dvanáct testovacích párů pomocí šedé stupnice v koloristické skříni. Ta umožňovala různé barevné podání čtyř různých světél. Jeden z dvanácti testovacích párů byl izomerní (stejný průběh remisních křivek). Ostatní páry byly metamerní (rozdílný průběh remisních křivek).

Získaná data pozorovatelů se vyhodnotila pomocí Farnsworth-Munsell 100 Hue testu. Přesnost všech z pěti měření u každého pozorovatele **jednotlivě** ukazuje korelační koeficient, který se musí pohybovat v hodnotách 1, -1. V tomto případě se hodnoty pozorovatelů nepohybovaly pod danou hranici. Všechna data mohla být považována za objektivní. V případě kompatibility **ve skupině** vykazovali pozorovatelé číslo 2 a 5 odchýlení nízkým průměrem korelačního koeficientu a naopak vysokým faktorem STRESS. Proto tyto dva hodnotitelé tvoří samostatnou skupinu. Rozdělením skupin se

dosáhlo u ostatních devíti pozorovatelů zlepšení průměru a tím zvýšení korelačního a snížení stresového faktoru, tudíž zvýšení objektivitu.

Hodnoty pozorovatelů se převedly pomocí modelů posuzujících barevnost vzhledu v CIECAM02, CIECAM 97s, Nayatani a CIELAB do výsledných grafů. Ty zobrazují režim kompatibility dvanácti vzorků, posuzovaných pod tabelovým osvětlením D65 (simulované denní světlo), F11(zářivkový světelný zdroj), F02(Cool White Fluorescent) a A (žárovkový světelný zdroj). Lze konstatovat, že relace pro všechny modely CIECAM02 a CIECAM 97s jsou víceméně podobné. Nejlepší korelace byla zjištěna u umělého zdroje F02 modelem CIELAB. Stejný případ vykazuje i žárovkové osvětlení A i zářivkový zdroj F11, který je téměř shodný s modulem Nayatani. Nejméně kompatibilní bylo osvětlení D65, kde rozsah zobrazených hodnot byl největší.

Je patrné, že model CIELAB byl neadekvátnější vzhledem k posouzení zobrazených výsledků. To lze považovat za relativně zajímavé zjištění, neboť v současné době je tento systém často kritizován, neboť nepředstavuje ideální barevný prostor.

Porovnáním grafů a jednotlivých spektrálních křivek pro **reálné, normalizované a tabelární** hodnoty jsou zjištěny patrné odchylky. Hodnota tabelární zobrazuje vypočítanou optimální křivku všech čtyř měřených světelných zdrojů. Zjištění rozsahu odchýlení tabelární křivky a křivky reálné byl proveden test. Ten ukazuje, že reálné odchýlení od tabelární křivky je v některých případech značné. Reálná křivka naměřeného spektrálního složení při 1nm se tedy vypočítala pro hodnotu normalizovanou 10nm, zjišťující skutečný poměr.

Z grafů je zřejmé, že efekt vlivu šířky měřeného intervalu je nejvíce patrný u zářivkových světelných zdrojů. V případě CWF je možno vidět, že rozdíl mezi naměřeným spektrálním průběhem při 10nm a tabelárními hodnotami je nejmenší. Imitované denní světlo se ve spektrální distribuci světelné energie mezi tabelovanými hodnotami a normalizovanými liší v poměru nejvíce.

Nejlepším případem je tedy průběh měřených hodnot světelného zdroje D65 znázorňující naměřené hodnoty (1nm) a hodnoty normalizované (10nm), které se téměř shodují. To ukazuje na skutečnost, že křivka spektrálního průběhu u světelných zdrojů imitující denní světlo, je nejpřijatelnější z hlediska vývoje světelných zdrojů, limitující metamerii.

Z výše popsaných výsledků se stanovil závěr, že hodnoty umělého světelného zdroje nemusí odpovídat přesné teplotě chromatičnosti denního světla, aby byl zdroj adekvátní

pro minimalizaci metamerie. Tudíž by se měli instalovat takové zdroje osvětlení, které by se přibližovaly k dennímu spektrálnímu složení. Problém metamerie se tedy nedá zcela odstranit, ale lze z velké části omezit. Musí se však podotknout, že aplikování této teorie a výsledků výzkumu do praxe, tedy výměnu vhodnějších zdrojů osvětlení textilních prodejen, by znamenala značné finanční náklady.

## Seznam obrázků

*Obrázek číslo 1. Elektromagnetické spektrum záření,*

Zdroj: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/), 19.11. 2010

*Obrázek číslo 2 Spektrální sluneční záření*

Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW:  
<[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>

*Obrázek číslo 3 Spektrum teplot chromatičnosti*

Zdroj: Spektrum teplot chromatičnosti. [online]. 1999. [cit. 2010-08-12]. Dostupné na WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A1\\_tepnota](http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A1_tepnota),>

*Obrázek číslo 4 Barevné podání při 5600K*

Zdroj:Foto, vlastní

*Obrázek číslo 5 Barevné podání při 8500K*

Zdroj:Foto, vlastní

*Obrázek číslo 6 Barevné podání při 3500K*

Zdroj:Foto, vlastní

*Obrázek číslo 7. Spektrum vyzáření žárovky ve viditelné oblasti světla*

Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW:  
<[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>

*Obrázek číslo 8. Spektrální vyzáření zářivek*

Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW:  
<[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>

*Obrázek číslo 9. Spektrální složení indukčních výbojek se svítivostí 840*

Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW:  
<[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>

*Obrázek číslo 10. Nízkotlaká sodíková výbojka a její spektrum vyzařování*

Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW:  
<[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>

*Obrázek číslo 11. Spektrum vyzařování vysokotlaké rtuťové výbojky*

*Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>*

*Obrázek číslo 12. Spektrum vyzařování sodíkové výbojky*

*Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>*

*Obrázek číslo 13. Spektrum vyzařování halogenidové výbojky*

*Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7353](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7353)>*

*Obrázek číslo 14. Spektrální průběh bílé LED*

*Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.osram.cz/osram\\_cz/KATALOG/index.html](http://www.osram.cz/osram_cz/KATALOG/index.html)>*

*Obrázek číslo 15. Spektrální průběh barevných LED*

*Zdroj: Spektrální záření zářivek. [online]. 2000. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.osram.cz/osram\\_cz/KATALOG/index.html](http://www.osram.cz/osram_cz/KATALOG/index.html)>*

*Obrázek číslo 16. Neadekvátní nasvětlení obchodu*

*Zdroj: Marks & Spencer. [online]. 2007. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.marks-and-spencer.cz/prodejny/>>*

*Obrázek číslo 17. Adekvátní osvětlenost obchodu*

*Zdroj: Marks & Spencer. [online]. 2007. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.marks-and-spencer.cz/prodejny/>>*

*Obrázek číslo 18. Nasvícení prodejní plochy*

*Zdroj: Marks & Spencer. [online]. 2007. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.marks-and-spencer.cz/prodejny/>>*

*Obrázek číslo 19. Master colour a poloha svícení*

*Zdro: PHILIPS: Řada kompaktních výbojek s třpytivým světlem a stabilní barvou světla po celou dobu životnosti.. 2008 [2011-12-04].*

*Obrázek číslo 20. Smartspot*

Zdroj: PHILIPS: Philips masrer colour.[online]. 2004. [2011-20-03]. Dostupné na WWW: <http://philips-svetelne-zdroje.elkam.cz/29432/philips-master-colour-cdm-td-150w-942-rx7s.html>

#### *Obrázek číslo 21. Halospot*

Zdroj: PHILIPS: Philips masrer colour.[online]. 2004. [2011-20-03]. Dostupné na WWW: <http://philips-svetelne-zdroje.elkam.cz/29432/philips-master-colour-cdm-td-150w-942-rx7s.html>

#### *Obrázek číslo 22. Master*

Zdroj: PHILIPS: Philips masrer colour.[online]. 2004. [2011-20-03]. Dostupné na WWW: <http://philips-svetelne-zdroje.elkam.cz/29432/philips-master-colour-cdm-td-150w-942-rx7s.html>

#### *Obrázek číslo 23. Lliho Par*

Zdroj: PHILIPS: Philips masrer colour.[online]. 2004. [2011-20-03]. Dostupné na WWW: <http://philips-svetelne-zdroje.elkam.cz/29432/philips-master-colour-cdm-td-150w-942-rx7s.html>

#### *Obrázek číslo 24. Soprano*

Zdroj: OSRAM: Leuchtmittel Markt. [online]. 2008. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <http://www.leuchtmittelmarkt.com/themes/kategorie/index.php?kategorieid=128&gclid=CNSdo7ftzKgCFVeMzAodDCQxrQ>

#### *Obrázek číslo 25. Halospot*

Zdroj: OSRAM: Leuchtmittel Markt. [online]. 2008. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <http://www.leuchtmittelmarkt.com/themes/kategorie/index.php?kategorieid=128&gclid=CNSdo7ftzKgCFVeMzAodDCQxrQ>

#### *Obrázek číslo 26. HCI-TS*

Zdroj: OSRAM: Leuchtmittel Markt. [online]. 2008. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <http://www.leuchtmittelmarkt.com/themes/kategorie/index.php?kategorieid=128&gclid=CNSdo7ftzKgCFVeMzAodDCQxrQ>

#### *Obrázek číslo 27. Halospot*

Zdroj: OSRAM: Leuchtmittel Markt. [online]. 2008. [2011-14-03]. Dostupné na WWW: <http://www.leuchtmittelmarkt.com/themes/kategorie/index.php?kategorieid=128&gclid=CNSdo7ftzKgCFVeMzAodDCQxrQ>

#### *Obrázek číslo 28. Farnsworth-Munsell 100 Hue test*

Zdroj: Foto, vlastní

#### *Obrázek číslo 29. Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu*

Zdroj: Foto, vlastní

#### *Obrázek číslo 30. Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu II.*

Zdroj: Foto, vlastní

*Obrázek číslo 31. Vzorky pod D65*

*Zdroj:Foto, vlastní*

*Obrázek číslo 32. Číslo26Vzorky pod osvětlením Cool White*

*Zdroj:Foto, vlastní*

*Obrázek číslo 33. Číslo26Vzorky pod osvětlením TL84*

*Zdroj:Foto, vlastní*

*Obrázek číslo 34. Číslo26Vzorky pod osvětlením A*

*Zdroj:Foto, vlastní*

*Obrázek číslo 35. Rozdílná metamerie pod světly D65 a “A”*

*Zdroj:Foto, vlastní*

## **Seznam tabulek**

*Tabulka číslo 1 Závislost barvy na vlnové délce*

*Tabulka číslo2 Parametry používané v modelu CIECAM97*

*Tabulka číslo 3Vstupní parametry pro CIECAM02*

*Tabulka číslo4 Hodnoty úhlů v CIEAM02*

*Tabulka číslo 5 Přehled parametrů světelných zdrojů pro výstavní prostory*

*Tabulka číslo 6. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress*

*Tabulka číslo 7. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress ve skupině*

*Tabulka číslo 8. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress ve skupině*

*Tabulka číslo 9. Hodnoty korelačního faktoru a faktoru stress ve skupině*

## **Seznam grafů**

*Graf číslo 1Rozsah chromatické adaptace*

*Zdroj: VIK M.: Vztah chromatické adaptace a metamerie. LBMV FT TU. Liberec [online]. 2001. [cit. 2010-21-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/include/vik.michal/papers/par98s.pdf>>*



*Graf číslo 2 světelná specifikace firem s osvětlením v ČR*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 3 použití osvětlovacích zdrojů od stejného výrobce*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 4. Spektrální křivky umělých zářičů*

*Zdroj: Růžičková, Z.: Vliv spektrální distribuce světelné energie osvětlení na barevný vjem výrobku-metamerie. 2004. [cit. 2011-21-04]*

*Graf číslo 4. Spektrální křivky osvětlení D65*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 5. Spektrální křivky osvětlení COOL WHITE*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 6. Spektrální křivky osvětlení TL84*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 7. Spektrální křivka osvětlení A*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 8. Model CIECAM02*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 9. Model CIECAM97s*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 10. Model Nayatani*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 11. Model CIELAB*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 8. Model CIECAM02 II.*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 9. Model CIECAM97s II.*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 10. Model Nayatani II.*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 11. Model CIELAB II.*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 8. Model CIECAM02 III.*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 9. Model CIECAM97s III.*

*Zdroj: Vlastní*

*Graf číslo 10. Model Nayatani III.*

*Zdroj: Vlastní*

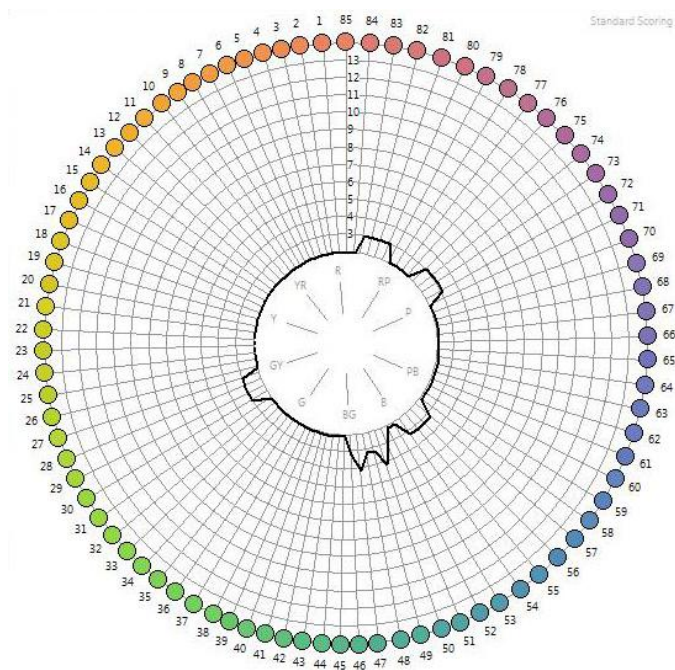
*Graf číslo 11. Model CIELAB III.*

*Zdroj: Vlastní*

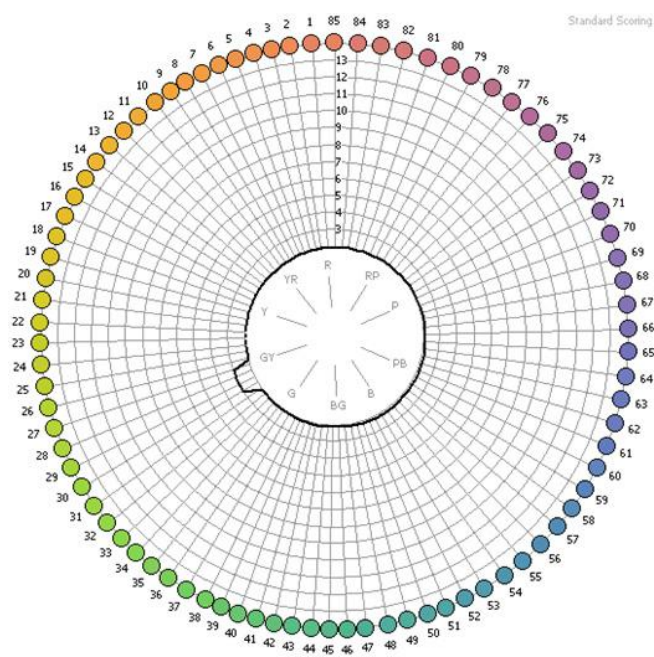
## Seznam symbolů a zkratk

Symbol	Jednotka	Název
$\lambda$	nm	Vlnová délka
E	lx	Intenzita osvětlení
K	-	Teplota chromatičnosti
A	-	Standardní osvětlování žárovka
T	°C	Teplota
P	W	Příkon světelného systému
$\Phi$	lm	Světelný tok
$T_z$	h	Doba života světelného zdroje
UV	-	Ultrafialové záření
IR	-	Infračervené záření
lm/W		Měrný výkon
Ra	-	Index barevného podání
mW/lm	[%]	Podíl UV záření
$\bar{E}_m$	[%]	Maximální osvětlenost
UGR <sub>L</sub>	lx	Hodnota rušivého oslnění
e	[%]	Činitele denní osvětlenosti

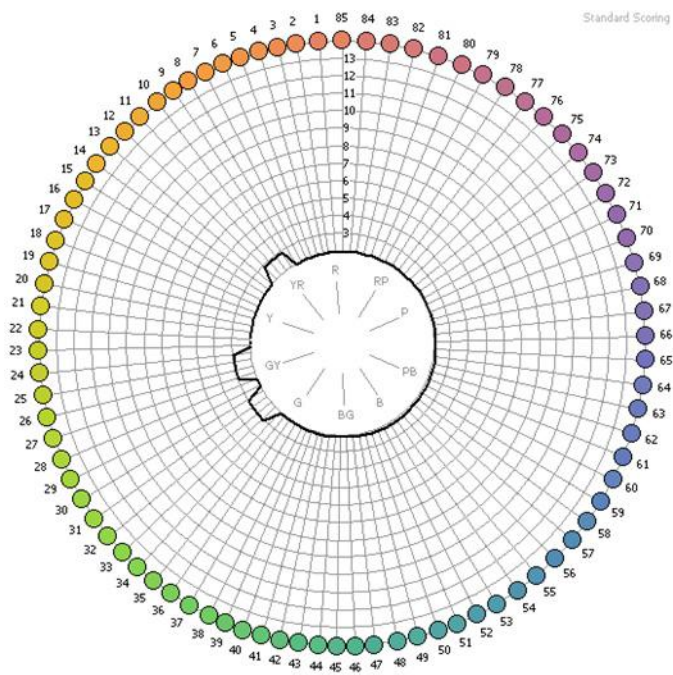
## Seznam příloh



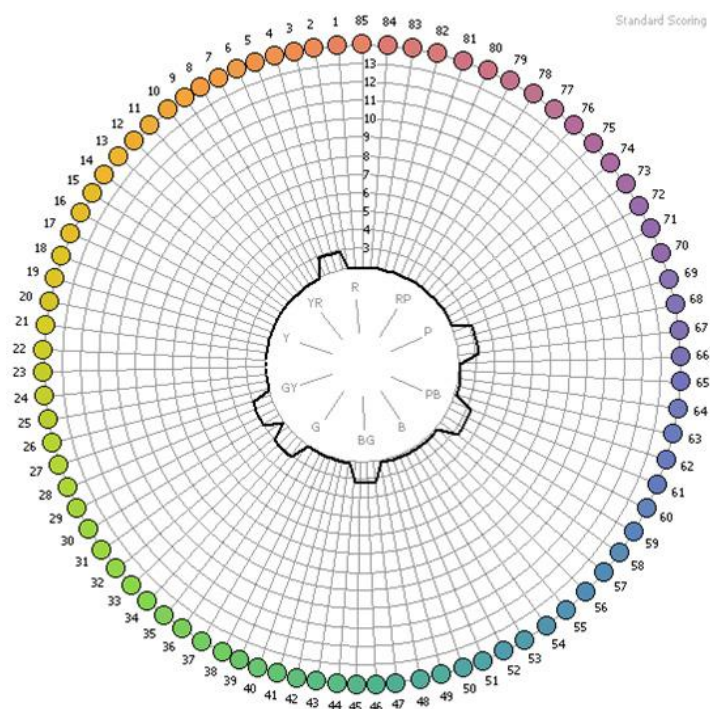
*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 1.*



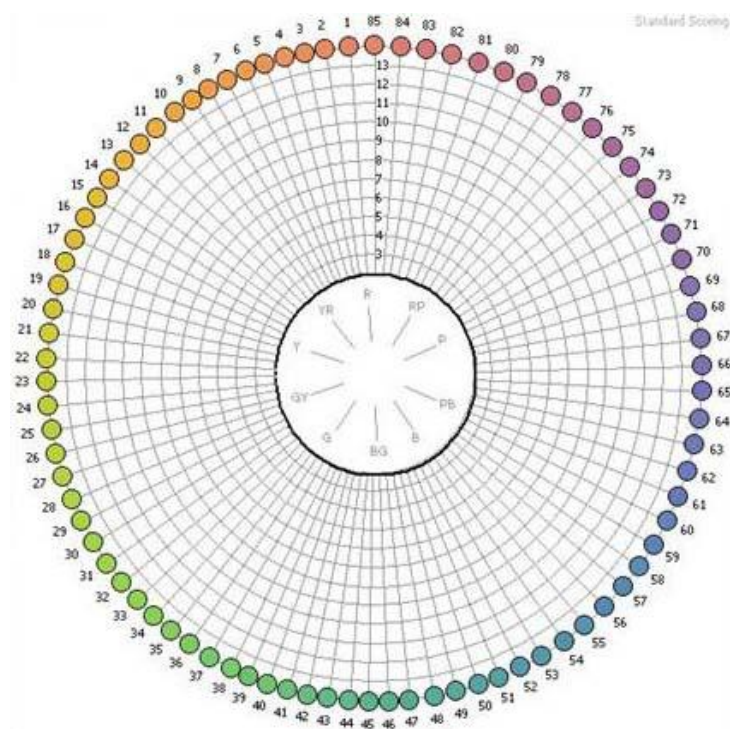
*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 2.*



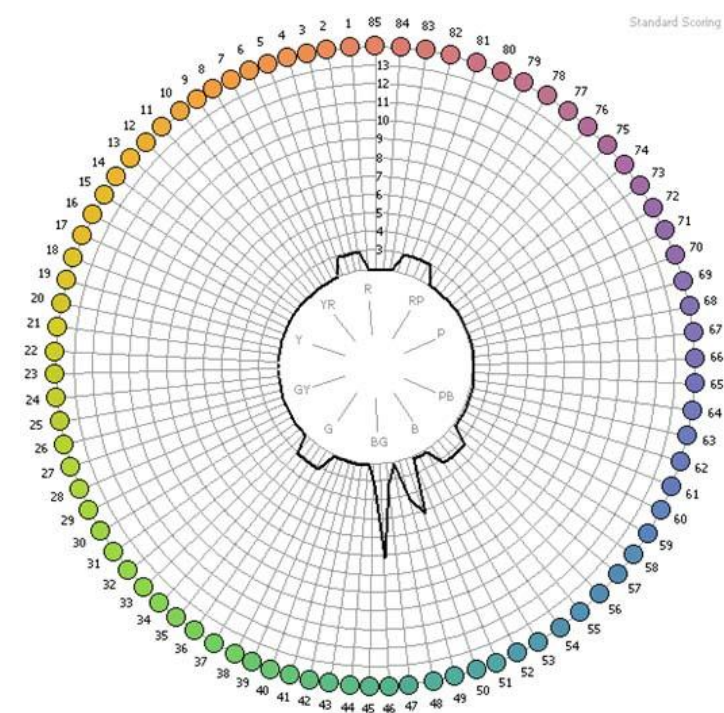
*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 3.*



*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 4.*

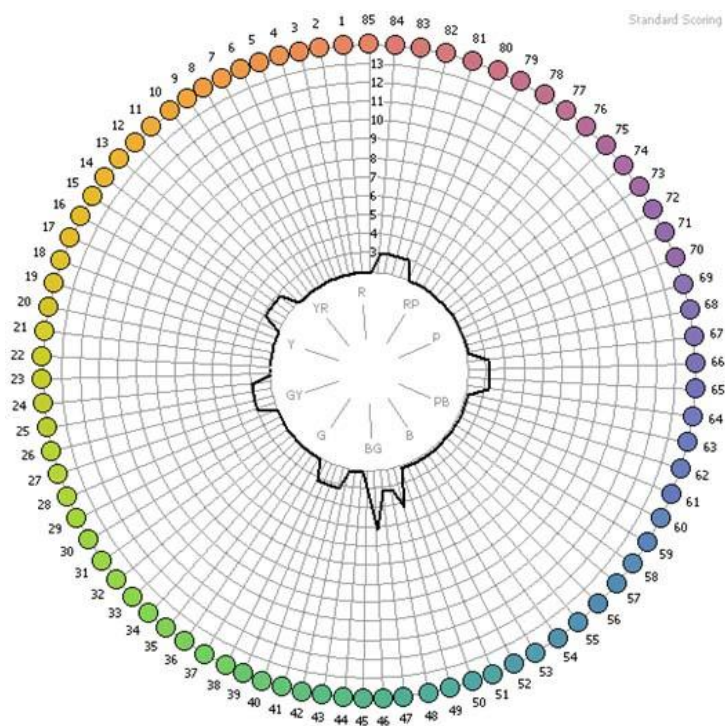


*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 5.*

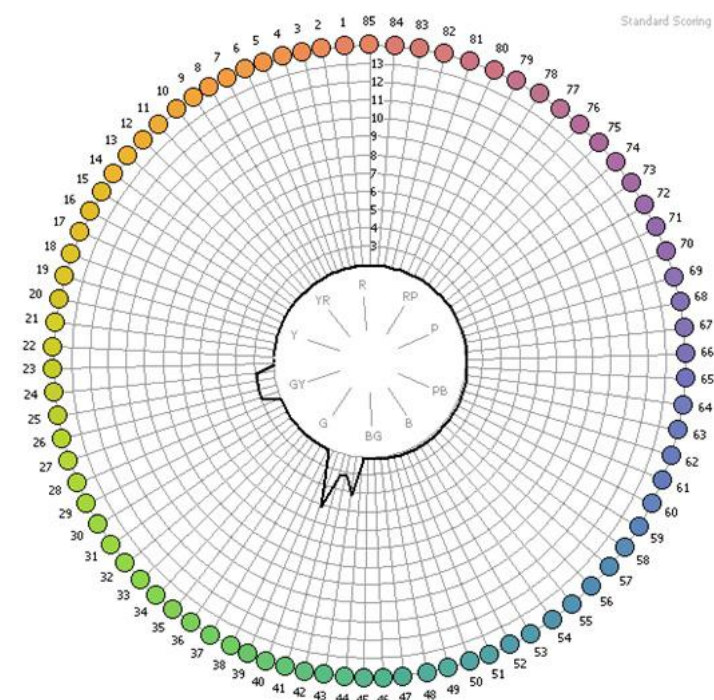


*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 6.*

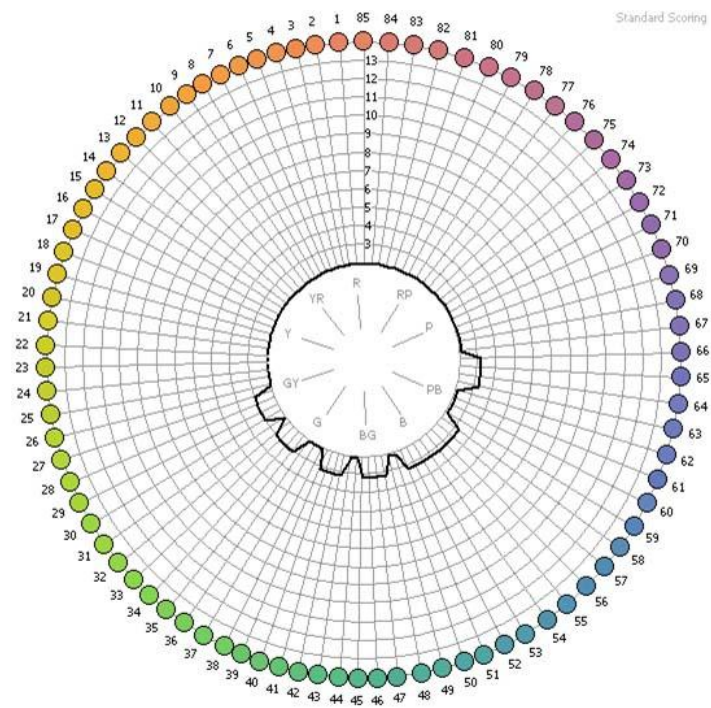




*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 9*



*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 10.*



*Grafické znázornění Farnsworth-Munsell 100 Hue testu pozorovatelem číslo 11.*




Přehled světelných zdrojů v jednotlivých obchodech:

<u>Bushman</u>		Plzeň	Philips	
		Olomouc		
	OC Futurum	Brno	Philips	Mega Man Cluster Lite HCO 1080i 80W
		Hradec Králové	Philips	Master 30W TL-D 30W/830
		Ostrava	Philips	žárovka-E 27/60W ,žárovka lineární L 11W, 18W, 36W, 58W/830 startéry
<u>Hannah</u>		Brno	Philips	Cluster Lite HCO 1080 i 80W
	OC Futurum	Hradec Králové	Philips	Master 30W TL-D 30W/830
	SP Avion	Ostrava	Philips	žárovka E 27/ 60W
				žárovky lineární 11W, 18W, 36W, 58W - L 18W/830 (startéry)
	Tesco	Plzeň	Philips	Master Led bulb 8W, 40W B22 2700K 230 A 60
		Pardubice	Patriot	Slot IP 20 70W, 150 W, UNO IP 20 70W, 150 W-elektronický předřadník
<u>H&amp;M</u>				
	Olympia	Plzeň	Philips	výbojka Master 70W / 942 CDM-T
				výbojka Master 35W / 942 CDM-T
	Olympia	Olomouc	Philips	Lího Par halogen 50W E27 230V 25D 2800K, průměr 6,3mm
		Praha	Philips	MCS501 CDM-T150W/830 EB 12 BA GR
		České Budějovice	Philips	
		Pardubice	Philips	
	Avion Shopink Pa	Ostrava	Philips	

<u>Humanic</u>	olympia	<a href="#">Plzeň</a>	Osram	keramická výbojka HCI-T 150/942 NDL PB-kabinky
		<a href="#">Brno</a>		
	Tesco	<a href="#">Plzeň</a>	Osram	Dulux Star 40 CE 7056 , objímka 27
	Olympia	<a href="#">Olomouc</a>	Philips	L 51/ 940, zářivkové tyče+ startery
	Nisa	Liberec	Philips	
<u>Nord Blanc</u>	Nisa	<a href="#">Liberec</a>	Philips	
	Futurum	Brno	Philips	Metalhalogen 10W, 50W, 70W
	Tesco	<a href="#">České Budějovice</a>	Philips	MCS501 CDM-T70W/830 EB 60 BA WH
	Futurum	Hradec králové	Osram	OT 9/200-240/350 DIM cool white, 5400 K
	Olympia	<a href="#">Olomouc</a>	Philips	MCN690 1xCDM-T35W IC 230V 12-24 BA GR
	Metropole Zlčín	Praha- zličín	Osram	
		<a href="#">Ostrava</a>	Osram	LED PARATHOM, 5W 230V
		<a href="#">Plzeň</a>	Osram	výbojka 35W, 70W G12 ND
			Philips	výbojka 3W G8,5 NDL




<u>Kenvelo</u>	Olympia	<u>Plzeň</u>	Osram	výbojka 35W G12 ND
				výbojka 70W G12 ND
		<u>Ostrava</u>	Philips	výbojka 35W G 8,5 NDL
	Nisa	<u>Liberec</u>	Osram	BRS501 LED1000/840 PSU 18 3C GR
	Tesco	<u>České Budějovice</u>	Philips	
	Yeti Sport	<u>Pardubice</u>	Philips	
	Tesco	<u>Plzeň</u>	Osram	Halospot H 50W / 12W(1patice 15cm )
				BDG400 1xLED-K2-10-/CW PSU 220-240V CLII
	Olympia	<u>Olomouc</u>	Philips	QCN690 1xHAL-C100W EB 230/12V 24 BA GR
<u>Newyorker</u>	Fontána Tesco	<u>Praha-Flora</u>	Osram	HCI-TS 250/830 WDL MD PB
	OC Nisa	<u>Liberec</u>	Osram	HCI-T 150/830 WDL PB
	Freeporat	<u>České Budějovice</u>		
	Tesco	<u>Plzeň</u>	Osram	Halospot (trychtýř) –H 50W/ 12VOLT,,výbojky 70W – použité na výlohy
	Olympia	<u>Olomouc</u>	Ansorg	
	Tesco	<u>Plzeň</u>	Ansorg	CDM- T 70W / 830 odstín

<b><u>Orsey</u></b>		Hradec králové	německý dodav.	
		Jihlava		
	Avion shopping par	<u>Ostrava</u>		
	Olympia	<u>Olomouc</u>	Osram	Alu Halogen 50W Halospot průměr 11mm G5,3
	Avia	<u>Brno</u>	Osram	
		<u>Pardubice</u>		kabinkové osvětlení-žárovka - E27 15W ,
	Chodov	<u>Praha</u>	Philips	QCN690 1xHAL-C100W K ET 230/12V 24 BA GR
	Tesco	<u>Plzeň</u>	Philips	rtuťová výbojka CDM- TD 150W /840 
			Philips	výbojka Master 70W /942 CDM-T
				výbojka Master 35W /942 CDM-T
<b><u>s. OLIVER</u></b>	Tesco	<u>Č.Budějovice</u>	Osram	keramická výbojka,HCI-TS 150/830 WDL PB-kabinka,výkladní skříň
	Nisa	<u>Ostrava</u>	Osram	výbojka POWERBALL HCI-R111-neoslňující
	Plaza	<u>Plzeň</u>	Osram	
		<u>Liberec</u>		
	Olympia	<u>Olomouc</u>	Osram	Alu Halogen 50W HALOSPOT (průměr 11 mm G 53)
		<u>Pardubice</u>		Halogen -metaloampflampe HIT-DE dw R-7S-24 (Bvl USHIO Group)
		<u>Praha- pankrác</u>		



<b>ADIDAS</b>					
Olympia	Pardubice	Philips	<a href="#">CDM-TC 35W/70W</a>		
Tesco	Plzeň	D&L Lichtplanung-Luminex	<a href="#">CDM-TC 35W/70W</a>		
Olympia	<a href="#">Olomouc</a>	D&L Lichtplanung-Luminex			
	<a href="#">Praha-letňany</a>	D&L Lichtplanung-Philips Smartspot 35W, 230V G53, 2700K, 4000h			
Tesco	České Budějovic	Halospt 111 35W (50W) 12V G53, 3000K, 4000h			
OC Olympia	Plzeň	Luminex	CDM-R111 20W/830 – GX8,5		
OC NISA	Liberec	Luminex	CDM-R111 35W/830 – GX8,5		
NC Gěčko	České Budějovic	Luminex	CDM-R111 70W/830 – GX8,5		
OC Paladium	Jihlava	Halla			
Plaza	Olomouc	Luminex	CDM-R PAR30L 70W/830,942 – E27		
Černá růže	Ostrava	Luminex	PAR30 75W/E27		
Tesco	Praha	Luminex	PAR38 75W/E27		
OC Olympia	Praha	Halla			
Tesco	Ústí nad Labem	Halla	DULUX F 36W/827,830,840 – 2G10		
IGY	Teplice	Halla	CDM-TD 70W/830,942 – RX7s		
			CDM-TD 150/830,942 – RX7s		
			Jumbo E 816 PL-H 85W		
			Jumbo E 816 PL-H 120W		
	Pardubice	Luminex	LA 157102, sv. závěsné		
	Brno	Luminex	TL-5 24W/840, zdroj úsporná zářivka lineární T5		
			LA 153414, sv. EUROSPOT do lišty 3 phase, silvergrua		
			CDM-T 70W/942, zdroj (žárovka) metalhalogen Philips		

<u>A3</u>	Tesco	Plzeň	Osram	Halogen A Par 305 75W E 27 230V 10D, 30D 1CT	
	Plaza	Praha	Osram	MBS 262 1x CDM TC 70W/930 EB 36 PIWH	
	Plaza	Olomouc	Osram	HCI-TF 35/930 WDL PB, kabinky	
<u>SPORTSIMO</u>	Plaza	Brno	Osram,	keramické výbojky POWERBALL-výkladní skříně, v kabinkách-HCI-TC 35/830 WDL PB	
	Olympia	Praha	Philips		
	Olympia	Plzeň	Philips	Halospot H 50W/12V	
	Olympia	Olomouc	Philips	Spot LED III, BRG480 5xLED-HB-10--2700 PSR-E 220-240V,	
<u>Hervis</u>	Nisa	Liberec	Osram		
stejný výrobce	OC Olympia	České Budějovice	Osram	zářivka Lumilux Cool White, L 58W/840	
	Plaza	Pardubice	Philips	Halospot H 50W/ 12V	
	OC NISA	Liberec	Philips	LED diody 3 x LUXEON® K2 v teplé bílé a studené bílé barvě	
	City Park	<u>Plzeň</u>	Osram	keramické výbojky POWERBALL-výkladní skříně, v kabinkách-HCI-TC 35/930 WDL PB	
	NC Olympia	Praha	Philips	MASTERColour CDM-Tm Mini o výkonu 20/35 W	
<u>Deichmann</u>	OC Interspar	Pardubice	Osram	18W/840 Lumulux Cool White G24q-2	
	OC Čepkov	Brno	Osram	HCI-TF 20/830 WDL PB-výkladní skřín	
	OC Olympia	<u>Olomouc</u>	Philips	TL5 49W/830 HFP D6 FL EPG, bílá, 220-240V	
	OC Europark	Ostrava	Philips	MASTERColour CDM-R111 20/35/70 W	

<u>Marks &amp; Spencer</u>	Chodov	Praha	Ansorg	zářivka TS s elektronickým přeradičkem svítidlo Cardo CLG a Punta- natáčivé ve dvou osách
	Olympia	Plzeň	Ruco Licht	
			Belux	
			Modular	
			Halla	
<u>Bafá</u>		<u>Praha</u>	Zumtobel	VIVO Powerball, HCI-T,-TC Shoplight 35W, 70W, patice G 8,5 a G12 barva 930, r=19mm
po celé republice		<u>Liberec</u>	Zumtobel	Cardan-Spirit CS-E1, CS-E2
		<u>Brno</u>	Zumtobel	Vestavné zářivce VIVO (černé – special product), Systémy typu downlight 2LIGHT MINI
		<u>Olomouc</u>	Zumtobel	Svítidla PANOS typu downlight, Svítidla ONLITE ECOSIGN
		<u>Zlín</u>	Zumtobel	Vestavné zářivce VIVO, Svítidla PANOS typu downlight, Rastrová přísazená FD
				XENO, Speciální svítidla CARDAN, DL 3000, DL 4000

<b>C&amp;A</b>	Tesco	<a href="#">Plzeň</a>	Philips	Výbojka- CDM-TD 150 W rtuťová - MHN- 150W sodíková keramická výbojka HCL-T 70/942 NDL PB-výlohy
	Olympia	<a href="#">Olomouc</a>	Osram	
	Černý Most	<a href="#">Praha</a>	Osram	
	OC Olympia	<a href="#">Brno</a>	Philips	
	OC Futurum	<a href="#">Ostrava</a>	Philips	
	OC Pyramida	<a href="#">Pardubice</a>	Philips	
<b>Alpine Pro</b>	Olympia	<a href="#">Plzeň</a>	Philips	Master Led bulb 8, 40W 822 2700K 230 A 60
	IGY, obchodní ce	<a href="#">České budějovic</a>	Halla	
	Olympia	<a href="#">Olomouc</a>	Halla	
	OC Fórum	<a href="#">Pardubice</a>	Halla	typ svítidla: TCS 097/258P, MCS 440/258P, typ zdroje TL-D58W, CDM-T70W
		<a href="#">Ostrava</a>	Halla	53-501L-2026K Serie 53 Recessed Downlight 2x26W (1.000)
				03-A00L-1080E continuous part Serie 03 overlapping Fluorescent
				lamp 1x80W opal organic glass (1.000) 6150 88.0
				03-A00L-1080E start/independent part Serie 03 overlapping
				Fluorescent lamp 1x80W opal organic glass (1.000) 6150 88.0
				Lival Fighter Axial CDM-T 70W (flood) Fighter Axial 70 T (1.000) 6600 70.0
				Lival Fighter Axial CDM-T 70W (spot) Fighter Axial 70 T (1.000) 6600 70.0
				Lival Fighter Horizon 70-TD Fighter Horizon CDM-TD 70W (1.000) 6500 71.0
				03-550A-1080E-P Serie 03 Fluorescent lamp 1x80W parabolic louvre(0.045) 6150 88.0
				03-A00L-1080E continuous part Serie 03 overlapping Fluorescent
				lamp 1x80W opal organic glass (0.045) 6150 88.0
				03-A00L-1080E start/independent part Serie 03 overlapping
				Fluorescent lamp 1x80W opal organic glass (0.045) 6150 88.0



## **Bibliografické údaje**

- [1] HEJZLAR, J.: Barvy v bytovém interiéru. Praha. 1976.
- [2] CHALUPSKÝ, L.: 100 x o umělém osvětlení. Praha. 1989.
- [3] KLUB ODBORNÉ PŘIPRAVENOSTI V ELEKTROTECHNICE: Návrh umělého osvětlení vnitřních prostorů II, 1989.
- [4] MONZER, L.: Osvětlení a svítidla v bytech. Praha. 1985.
- [5] ODVÁRKA, J.: Teorie zušlechťování. Liberec. 1986.
- [6] PLCH, Jiří a spol.: Osvětlení neosvětlitelných prostor. Brno. 2004. ISBN: 80-86517-82-9.
- [7] RYBÁŘ P, a kol.: Denní osvětlení a oslunění budov. Brno: ERA Group. 2002.
- [8] Syllaby referátů ze semináře: Osvětlení interiérů. Liberec, 3. a 4. srpna 1966.

## **Internetové údaje**

- [10] AZ REPRODUKCE BAREV. [online]. 1998. [ cit. 2011-03-02]. Dostupné na WWW: < <http://www.reprodukce-barev.org/?menu=3&hlav=2>>
- [11] JANDORA, R.:Elektromagnetické spektrum.[ cit. 2010-03-11]. Dostupné na WWW: <<http://radek.jandora.sweb.cz/f25.htm>>
- [12] LED žárovky, osvětlení, [online]. 2010. [cit. 2011-19-02]. Dostupné na WWW: <http://www.led-zarovky-osvetleni.cz/vse-o-led/vysvetleni-pojmu/>
- [13] MARKS & PENCER: O společnosti. [online]. 2007. [cit. 2011-19-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.marks-and-spencer.cz/o-spolecnosti/>>
- [14] OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA: Dokonalé zářivkové osvětlení. [online]. 2007. [cit. 2011-05-02]. Dostupné na WWW: <<http://nbb.cz/aplikace/dokonale-zarivkove-osvetleni>>

- [15] PŘIBÁŇOVÁ, H.: Umělé osvětlení vnitřního prostředí.[online]. 2003. [cit. 2011-24-03]. Dostupné na WWW:  
<<http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostred>>
- [16] PHILIPS, Osvětlení obchodů. [online]. 2004. [cit. 2011-19-03]. Dostupné na WWW: [http://www.lighting.philips.cz/application\\_areas/index.wpd](http://www.lighting.philips.cz/application_areas/index.wpd)
- [17] PRE: Praktické aplikace osvětlení, [online]. 2008. [cit. 2011-18-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/uspory-ve-firmach/osvetleni/prakticke-aplikace-osvetleni.html#obchody>>
- [18] STRATEGIE CZ: Výkladní skříň. [online]. 2007. [cit. 2011-15-03]. Dostupné na WWW: <<http://strategie.e15.cz/zurnal/vykladni-skrine-budiz-svetlo>>
- [19] SUDEK, J.: Vlastnosti studiových světel. [online]. 2002. [cit. 2010-13-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.fotoskoda.cz/eobchod/multi/atelier/index.html>>
- [20] SVĚTLO: Co je nového v CIE. [online] 2005. [cit. 2011-16-03] Dostupné na WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=35043](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35043)>
- [21] SVĚTLO: Nové normy pro osvětlení, [online]. 2008. [cit. 2011-24-03]. Dostupné na WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=37965](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37965)>
- [22] SVĚTLO: Osvětlení obchodů Marks & Spencer. [online]. 2006. [cit. 2011-22-03]. Dostupné na WWW:  
< [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=35905](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35905)>
- [23] VIK, M.: Měření barevnosti a vzhledu – 1. Část, LMBV KTM FT. Liberec. Duben. [online]. 1995. [cit. 2010-10-12]. Dostupný na WWW:  
<[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22867](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22867)>
- [24] VIK, M.: Vztah chromatické adaptace a metamerie. LBMV FT TU. Liberec [online]. 2001. [cit. 2010-21-12]. Dostupné na WWW:  
<<http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/include/vik.michal/papers/par98s.pdf>>

[25] VIK, M.: Základy koloristiky – ZKO5. LBMV FT TU. Liberec. [online]. 2001. [cit. 2010-11-12]. Dostupné na:  
<[http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Zaklady\\_Koloristiky/5ZKO-svetlo.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Zaklady_Koloristiky/5ZKO-svetlo.pdf)>

[26] WIKIPEDIE: Barevná teplota. [online]. 1994. [cit. 2011-17-01]. Dostupné na  
WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A1\\_teploata](http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A1_teploata)>